

3100098010225

PERANCANGAN SYNCHRO DIGITAL SEBAGAI AKUISISI DATA DAN RESOLVER DIGITAL UNTUK PENGATURAN POSISI SERVO

TUGAS AKHIR

Disusun oleh :

ROMELI
NRP : 2292 100 007

RSE
629.832 3
Rom
p-1
1997



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1997

**PERANCANGAN SYNCHRO DIGITAL SEBAGAI
AKUISISI DATA DAN RESOLVER DIGITAL UNTUK
PENGATURAN POSISI SERVO**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Mengetahui / Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Moch. Rameli

NIP. 130 938 507



Ir. Rusdhianto EAK, MT

NIP. 130 604 244

SURABAYA

AGUSTUS 1997

ABSTRAK

Pengaturan posisi dengan motor servo ac untuk alat berat umumnya bergetar dan banyak gangguan. Pengukuran dengan tahanan geser maupun encoder mungkin tidak menjamin ketahanan alat ukur dari getaran. Metoda synchro sangat cocok untuk pengendalian semacam ini, namun pengaturan dengan sinyal analog dengan synchro posisi sangat tidak fleksibel dan tidak bisa memenuhi kreteria yang diinginkan. Pendekatan ruang keadaan bisa digunakan untuk memperbaiki kinerja sistem. Oleh karena itu desain kontrol menggunakan metoda synchro secara digital perlu dilakukan.

Kebutuhan perancangan sistem adalah berupa desain metoda pengukuran menggunakan synchro dan kontroler digital dengan pendekatan synchro diimplementasikan pada pengendalian posisi dari motor servo ac dua fase.

Permasalahan dari tugas akhir ini adalah bagaimana merencanakan suatu akuisisi data pada synchro dan alat pengendali digital untuk pengaturan posisi motor servo dengan synchro dimana mekanisme pengaturan posisi secara konvensional menggunakan synchro posisi, dapat dikendalikan secara digital.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr, Wb.

Alhamdulillah, Hanya atas kehendak-NYA tugas akhir ini bisa terselesaikan. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian dari persyaratan dalam menempuh pendidikan Strata-1 di Jurusan Teknik Elektro FTI ITS. Dalam menyusun tugas akhir ini, penulis mendapat bimbingan, bantuan serta saran dari berbagai pihak. Dan atas terselesaikannya tugas akhir ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

- Bapak Dr. Ir. Moch Rameli , selaku Dosen pembimbing I sekaligus Koordinator Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan yang telah banyak memberikan fasilitas kepada penulis.
- Bapak Ir. Rusdhianto, EAK, selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu memberikan ide-ide dan saran dalam menyelesaikan pembuatan tugas akhir ini.
- Bapak dr. Johansyah Marzuki pimpinan Jh Foundation yang memberikan beasiswa untuk pendidikan saya selama 4 tahun.
- Bapak dan ibu dosen pada Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan pada khususnya dan Jurusan Teknik Elektro pada umumnya.
- Bapak dan ibu, kakak dan keluarga yang membesarkan dan mendidik saya.

- Rekan-rekan di Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan, Wiku, Zul, Kojar, Yusuf, Ancha, Toni, Sahal, Mak, Awik, Ali, Abed , Okim, Dodo, Yoyok, Yana, Cucun, Felix dan para alumni, Johar, Firda, Onni, juga rekan-rekan lainnya yang tidak mungkin disebutkan seluruhnya di sini, atas spirit dan segala dukungannya.
- Rekan-rekan angkatan E-31 dan E-32 yang selalu setia memberikan hiburan, dukungan dan gangguan yang semuanya sangat berarti bagi penulis.
- Teman-sejatiku yang selalu memberikan dorongan semangat
- Rekan-rekan yang telah memberikan kenangan manis maupun kenangan pahit yang tidak akan terlupakan.

Besar harapan penulis semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya serta mahasiswa Teknik Elektro pada khususnya. Penulis menyadari segala kekurangan yang ada sehingga tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran selalu penulis harapkan.

Akhirnya sekali lagi puji syukur kehadirat Allah SWT.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surabaya, Juli 1997

Penulis.

DAFTAR ISI

	halaman
Abstrak	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	vii
Daftar Tabel	ix
BAB I	
PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	2
I.2 Tujuan Pembahasan	2
I.3 Permasalahan	2
I.4 Ruang Lingkup dan Batasan	3
I.5 Metodologi	3
I.6 Sistematika Pembahasan	4
I.7 Relevansi	5
BAB II	
DASAR TEORI	6
II.1 Motor Servo AC	6
II.2 Pengaturan Posisi dengan Synchro	9
II.3 Akuisisi Data Posisi dengan Synchro	13
II.3.1 Pengubah Digital ke Resolver	14

II.3.2	Scott-T Transformer	15
II.3.3	Pengubah Synchro ke Digital	16
II.3.4	Pengubah Digital ke Synchro (DSC)	19
II.4	Model dan Identifikasi Sistem	19
II.4.1	Model Sistem.....	21
II.5	Model Perencanaan Pengatur	22
 BAB III		
PERANCANGAN PERANGKAT KERAS DAN PERANGKAT LUNAK ..		
III.1	Umum	24
III.2	Desain Pembangkit Sinyal Penggerak.....	24
III.2.1	Modul DAC.....	25
III.2.1.1	AD7226.....	25
III.2.1.2	Rangkaian Output Bipolar.....	26
III.2.2	Pembangkitan Sinyal AC Bermodulasi	27
III.3	Desain Pendeteksi Posisi dengan Synchro	28
III.3.1	Rangkaian Pendeteksi Sudut Simpangan	29
III.3.2	Modul ADC 0808.....	30
III.3.3	Deteksi Kuadran	31
III.3.4	Pembacaan Sudut Simpangan.....	32
III.4	Pengaturan Posisi Menggunakan Mikro Kontroler	33
III.4.1	Modul CPU 80C31	34
III.4.2	Pengubahan Data Digital ke UART.....	36

III.5	Desain Perangkat Lunak	36
III.5.1	Kompiler Franklien	37
III.5.2	Sistem Pengambilan dan Pengiriman Data Analog	37
III.5.3	Penulisan Program dalam Mikrokontroler	38
III.6	Penyusunan Kontroler Digital	40
BAB IV		
	IMPLEMENTASI DAN ANALISA	41
IV.1	Umum	41
IV.2	Synchro Digital.....	41
IV.3	Pembangkitan Sinyal Kendali	43
IV.4	Model Matematik	44
IV.5	Perbandingan Sistem Pengaturan Posisi dengan Synchro Analog dan Synchro Digital.....	45
IV.6	Identifikasi Sistem.....	47
IV.7	Parameter Sistem Pengaturan Posisi Motor Servo AC.....	48
IV.7	Pengaruh Perubahan Time Constant.....	49
BAB V		
	PENUTUP	50
	Kesimpulan	50
	Saran	51
	DAFTAR PUSTAKA	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
2.1 Diagram skematik servo ac	6
2.2 Tegangan V_a dan V_m dengan beda fase 90 derajat	7
2.3 Kurva kecepatan-torsi motor servo ac dua fase	9
2.4 Diagram skematik <i>synchro transmitter</i>	10
2.5 Diagram skematik <i>synchro transformer</i>	10
2.6 <i>Synchro transmitter</i> dan <i>synchro transformer</i>	12
2.7 Pengubah digital ke <i>resolver</i>	14
2.8 Transformator Scott-T	15
2.9 Diagram blok pengubah sudut simpangan ke <i>resolver</i>	16
2.10 Pengubah <i>synchro</i> ke digital	17
2.11 Diagram blok pengubah <i>resolver</i> ke <i>synchro</i>	19
2.12 Empat dasar perencanaan pengatur	23
3.1 Diagram blok pembangkitan sinyal penggerak	24
3.2 Diagram blok DAC AD7226	26
3.3 Rangkaian bipolar	27
3.4 Blok pengaturan posisi menggunakan pendeteksi posisi <i>synchro</i>	28
3.5 Diagram blok pengali sinyal	29
3.6 Diagram blok ADC0808	30
3.7 Magnitudo sinyal <i>synchro</i>	31

3.8a	Diagram bentuk fisik pengaturan posisi dengan mikrokontroler.....	33
3.8b	Proses yang terjadi pada blok fisik	34
3.9	Kontroler digital berbasis mikrokontroler 80C31.....	35
3.10	Flow chart pengambilan dan penulisan data analog.....	38
4.1	Blok pendeteksi posisi dengan <i>synchro</i>	41
4.2	Sinyal salah satu stator <i>synchro</i>	42
4.3	Sinyal stator <i>synchro</i> dikali dengan sinyal referensi	42
4.4	Sinyal dc <i>synchro</i>	42
4.5	Sinyal keluaran dc.....	43
4.6	Sinyal kendali ac.....	43
4.7	Grafik input output pengaturan posisi dengan gain tertentu	44
4.8	Sistem pengaturan posisi motor servo dengan <i>synchro</i> analog.....	45
4.9	Diagram blok pengaturan posisi dengan <i>synchro</i>	45
4.10	Respon pengaturan posisi dengan <i>synchro</i> analog	46
4.11	Respon pengaturan posisi dengan <i>synchro</i> digital.....	46
4.12	Aksi kontrol digital pada pengaturan posisi dengan <i>synchro</i> digital.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel

3.1	Perbandingan kode digital terhadap output dc.....	27
3.2	Perbandingan nilai digital terhadap nilai simpangan sudut	32

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG

Berkembangnya teknologi dalam berbagai bidang dan untuk memenuhi kebutuhan perancangan sistem dengan keandalan tinggi, menuntut kebijakan dan mekanisme pengaturan untuk mampu diterapkan dalam berbagai kondisi dan medan pengaturan. Maka telah dan terus dikembangkan teori pengaturan moderen dengan pendekatan ruang keadaan.

Pengaturan posisi dengan motor servo ac untuk alat berat umumnya bergetar dan banyak gangguan. Hal ini misalnya pada pengendalian posisi dari meriam, getaran yang ditimbulkan bisa mempengaruhi alat ukur maupun data pengukuran. Pada penggunaan ini pengukuran dengan tahanan geser maupun *encoder* mungkin tidak menjamin ketahanan alat ukur dari getaran. Oleh karena itu metoda *synchro* sangat cocok untuk pengendalian semacam ini, namun pengaturan dengan sinyal analog dengan *synchro* posisi sangat tidak fleksibel dan tidak bisa memenuhi kreteria yang diinginkan. Pendekatan ruang keadaan bisa digunakan untuk memperbaiki kinerja sistem. Oleh karena itu desain kontrol menggunakan metoda *synchro* secara digital perlu dilakukan.

Kebutuhan perancangan sistem adalah berupa desain metoda pengukuran menggunakan *synchro* dan kontroler digital dengan pendekatan *synchro* diimplementasikan pada pengendalian posisi dari motor servo ac dua fase. Permasalahan utama dari sistem pengaturan adalah bagaimana merancang suatu

sistem pengatur agar kinerja yang diinginkan dapat dipenuhi. Suatu eksperimen yang menggambarkan kondisi sistem perlu dilakukan untuk menguji sistem yang didesain, dengan mengimplementasikan pengaturan posisi pada pembebanan tertentu.

I.2 TUJUAN PEMBAHASAN

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Menerapkan algoritma pendeteksi posisi digital menggunakan *synchro* posisi.
2. Menerapkan teknik-teknik digital untuk pengaturan posisi motor servo dua fasa dengan pendekatan *synchro* posisi.
3. Menerapkan kontroler PID sebagai mekanisme pengaturan posisi motor servo dua fasa dan membandingkannya dengan unjuk kerja metode *synchro*.

I.3 PERMASALAHAN

Permasalahan dari tugas akhir ini adalah bagaimana merencanakan suatu akuisisi data pada *synchro* dan alat pengendali digital untuk pengaturan posisi motor servo dengan *synchro* di mana mekanisme pengaturan posisi secara konvensional menggunakan *synchro* posisi, dapat dikendalikan secara digital.

I.4 RUANG LINGKUP DAN BATASAN

Pokok bahasan penulis dibatasi pada bagaimana untuk bisa menggunakan mekanisme pengaturan posisi motor servo dua fasa dengan *synchro* posisi untuk dikendalikan secara digital. Pendeteksian posisi menggunakan *synchro* menghasilkan tiga buah sinyal analog sinusoidal. Informasi posisi yang terkandung dalam sinyal analog tersebut dimasukan dalam algoritma pendeteksi posisi. Demikian juga untuk pengendalian motor, sinyal atur dibangkitkan untuk menirukan sinyal keluaran dari *synchro transformer*.

I.5 METODOLOGI

Untuk mencapai tujuan yang telah disebutkan diatas, dilakukan langkah langkah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan dan mempelajari literatur literatur sehubungan dengan masalah yang dihadapi. Literatur ini mengenai : motor induksi dua fasa, *synchro transmitter* dan *synchro transformer*, tachogenerator ac, rangkaian amplifier untuk motor servo ac dan rangkaian lain yang mendukung sistem tersebut.
2. Mendapatkan persamaan matematik untuk medeteksi posisi, dari sinyal keluaran *synchro transmitter* sehingga data posisi dapat dipantau dalam bentuk digital.
3. Merancang pembakit sinyal atur digital untuk menirukan keluaran dari *synchro transmitter*, di mana sinyal ini membawa informasi posisi yang dituju.

4. Membandingkan data masukan keluaran motor untuk pengaturan menggunakan *synchro* posisi dan kontroler digital. Kemudian menyimpulkan hasil yang didapat.
5. Menyajikan kontroler digital dengan metoda *synchro* posisi secara lengkap dan memberikan saran saran untuk pengembangan. Dari langkah - langkah yang telah disebutkan diatas disusun buku laporan tugas akhir.

I.6 SISTEMATIKA PEMBAHASAN

Adapun sistematika pembahasan dalam tugas akhir ini diuraikan menurut bab bab berikut:

BAB I Pendahuluan

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang, tujuan pembahasan, permasalahan, ruang lingkup, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika pembahasan.

BAB II Dasar teori

Teori penunjang yang disajikan meliputi motor servo ac, *synchro transmitter*, *synchro transformer*, tachogenerator, sinyal atur digital, kontroler digital dan model sistem.

BAB III Perancangan perangkat keras dan perangkat lunak pengaturan posisi motor ac

Perancangan alat meliputi algoritma deteksi posisi dengan *synchro*, pengubah analog ke digital, desain pengubah digital ke resolver, dan pengendali digital dengan mikroprosesor. Perancangan perangkat lunak terdiri dari pembuatan

program untuk akuisisi data dan identifikasi perilaku motor servo ac. Data yang didapat digunakan untuk merancang kontroler yang digunakan.

BAB IV Implementasi dan analisa data

Berisi pembahasan mengenai penentuan blok pengaturan posisi servo berdasarkan data akuisisi yang didapat, model matematis dari sistem pengaturan posisi dengan servo, ketelitian dari desain *synchro* digital dan menentukan karakteristik sistem. Dalam bab ini diuraikan algoritma dan flowchart dari perangkat lunak pengendali posisi motor servo, listing program, penggunaan perangkat lunak kekontroler dan juga tampilan program.

BAB V Penutup

Sebagai penutup berisi kesimpulan dan saran-saran kemungkinan pengembangannya.

I.7 RELEVANSI

Dari tugas akhir ini dapat diperoleh manfaat berupa penerapan dari ilmu-ilmu yang telah diperoleh selama perkuliahan.

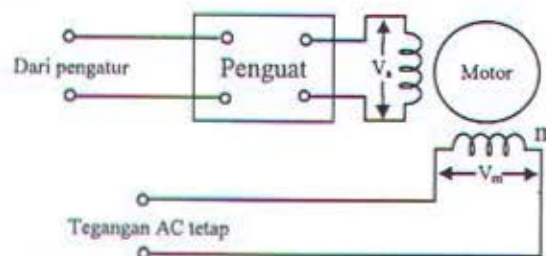
Relevansinya memberikan informasi mengenai harga-harga karakteristik sistem agar sistem beroperasi dengan baik, desain algoritma kontrol yang bermacam-macam dapat diterapkan pada sistem pengaturan posisi metode *synchro*.

BAB II

DASAR TEORI PENGATURAN POSISI DENGAN MOTOR SERVO AC DUA FASE

II.1 MOTOR SERVO AC

Motor servo ac biasanya adalah motor induksi dua fase dan biasanya menggunakan motor sangkar baji. Fase m dari motor merupakan fase tetap, atau fase patokan. Tegangan V_m merupakan tegangan tetap yang diberikan oleh suatu sumber frekuensi tetap, tegangan tetap. Fase a merupakan fase pengatur. Tegangan V_a berasal dari sebuah penguat, biasanya penguat magnetik dan mempunyai amplitudo yang berbanding lurus dengan sinyal pengatur. Diagram skematik dari motor servo ac tampak pada Gbr 2.1.



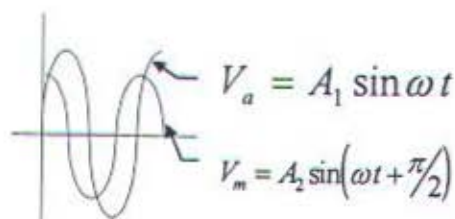
Gambar 2.1. Diagram skematik servo motor ac

Tegangan V_m dan V_a harus dalam keadaan serempak (mempunyai sumber yang sama) dan mempunyai daerah kerja pada beda fase 0° sampai 90° (misalnya dengan menghubungkan kapasitor seri dengan fase patokan m). Penguat tersebut mendapat daya dari sumber ac yang sama dengan yang mencatu fase patokan, sehingga tegangan keluaran penguat V_a merupakan gelombang ac yang termodulasi dan mempunyai komponen dasar pada frekuensi yang sama seperti V_m . Persamaan matematiknya adalah sebagai berikut :

$$V_a = A_1 \sin \omega t \quad 2.1a$$

$$V_m = A_2 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad 2.1b$$

Hubungan kedua persamaan tersebut dapat digambarkan dalam **Gbr 2.2**.



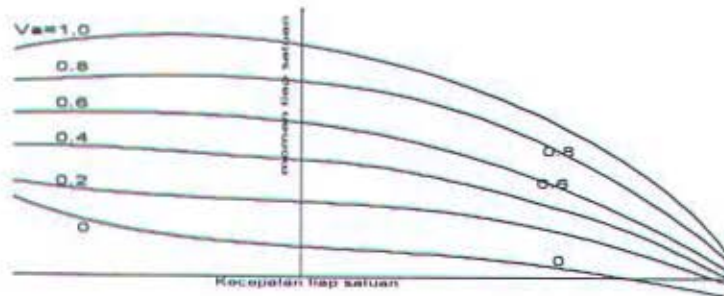
Gambar 2.2. Tegangan V_a dan V_m dengan beda fasa 90°

Apabila V_a tidak sama dengan nol dan fasenya mendahului V_m sebesar 0° s/d 90° , maka diperoleh putaran pada satu arah, jika V_a tertinggal dari V_m akan menghasilkan putaran pada arah yang lain. Torsi merupakan fungsi dari V_m dan V_a , maka dengan mengubah magnitudo V_a akan mengubah torsi yang dihasilkan motor.

Contoh kurva Kecepatan-Torsi untuk motor servo ac tampak pada **Gbr 2.3** dengan sederetan harga tegangan pengatur dan tegangan patokan satuan. Kurva tersebut berasal dari sebuah motor yang mempunyai lilitan stator dua fase sepadan dan dengan impedansi sumber diabaikan. Agar mudah dalam proses pengaturannya, maka torsi harus besar pada kecepatan mendekati nol dan lereng dari karakteristik kecepatan torsi haruslah negatif pada rentang kerja normal di sekitar kecepatan nol agar memberikan penampilan yang stabil.

Fungsi alih dari motor servo dua fase dapat diperoleh dari kurva-kurva kecepatan-torsi tersebut, jika kurva tersebut merupakan garis-garis lurus sejajar dengan jarak antara yang sama. Biasanya, kurva kecepatan-torsi adalah sejajar

untuk daerah kecepatan yang relatif lebar. Dari **Gbr 2.3**, terlihat bahwa torsi T yang dibangkitkan merupakan fungsi dari kecepatan sudut poros motor dan tegangan kontrol V_a .



Gambar 2.3 Contoh kurva kecepatan torsi motor servo dua fase

Persamaan untuk tiap garis torsi kecepatan adalah:

$$T = -K_n \dot{\theta} + K_c V_a \quad 2.2$$

di mana K_n dan K_c adalah konstanta positif.

Persamaan kesetimbangan torsi untuk motor servo dua fase adalah :

$$T = J\ddot{\theta} + f\dot{\theta} \quad 2.3$$

di mana J adalah momen inersia motor dan beban pada poros motor, f adalah koefisien gesekan viskos dari motor dan beban pada poros motor. Dari persamaan (2.2) dan (2.3) didapat persamaan berikut:

$$J\ddot{\theta} + (f + K_n)\dot{\theta} = K_c V_a \quad 2.4$$

Dengan memperhatikan bahwa tegangan kontrol V_a adalah masukan dan perpindahan poros motor adalah keluaran, kita lihat bahwa fungsi alih sistem ini diberikan oleh :

$$\frac{\theta_o(s)}{V_a(s)} = \frac{K_e}{JS^2 + (f + K_n)S} = \frac{K_m}{S(\tau_m S + 1)} \quad 2.5$$

di mana :

$$K_m = \frac{K_e}{f + K_n} \quad \text{adalah penguatan motor.}$$

$$\tau_m = \frac{J}{f + K_n} \quad \text{adalah konstanta waktu motor.}$$

Fungsi alih yang diberikan oleh persamaan (2.5) adalah didasarkan pada anggapan bahwa motor servo adalah linier. Meskipun demikian dalam praktek motor servo tidak benar-benar linier, Karena- kurva kecepatan-torsi tidak benar-benar sejajar dan berjarak antara yang sama, maka harga K_n tidak konstan, sehingga harga K_m dan T_m juga tidak konstan, harga-harga tersebut berubah terhadap tegangan kontrol.

II.2 PENGATURAN POSISI DENGAN SYNCHRO

Suatu unit *synchro* dasar, biasanya disebut *synchro transmitter*, yang mempunyai konstruksi yang sama dengan *synchro transformer*. Diagram skematik dan konstruksi *synchro transmitter* tampak pada **Gbr 2.4** dan **Gbr 2.5**. Misalnya tegangan ac yang dipasang pada rotor *synchro transmitter* adalah $V_r(t) = V_r \sin \omega_e t$, tegangan tersebut akan menghasilkan flux sinusoidal *time varying*. Prinsip ini serupa dengan transformator satu fase, di mana pada *synchro transmitter* lilitan rotor sebagai lilitan utama dan lilitan stator adalah 3 lilitan yang kedua.

Jika V_{s1n} , V_{s2n} dan V_{s3n} adalah tegangan lilitan stator S_1 , S_2 , S_3 dengan netral, selanjutnya untuk posisi rotor dari *synchro transmitter* yang mana sumbu rotor membuat sudut θ dengan sumbu dari lilitan S_2 Gbr 2.5 akan menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$V_{s1n} = KV_r \sin \omega_c t \cos(\theta + 120^\circ) \quad 2.6$$

$$V_{s2n} = KV_r \sin \omega_c t \cos \theta \quad 2.7$$

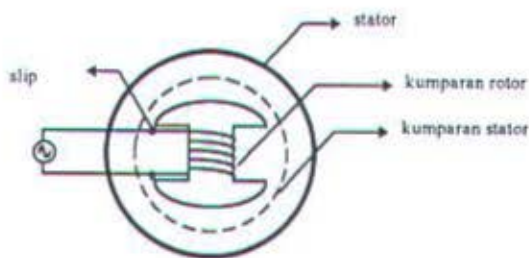
$$V_{s3n} = KV_r \sin \omega_c t \cos(\theta + 240^\circ) \quad 2.8$$

tegangan 3 terminal dari stator adalah :

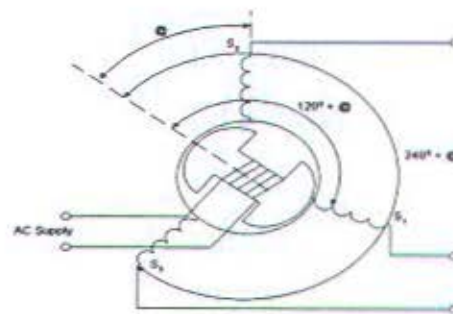
$$V_{s1s2} = V_{s1n} - V_{s2n} = \sqrt{3}KV_r \sin(\theta + 240^\circ) \sin \omega_c t \quad 2.9$$

$$V_{s2s3} = V_{s2n} - V_{s3n} = \sqrt{3}KV_r \sin(\theta + 120^\circ) \sin \omega_c t \quad 2.10$$

$$V_{s3s1} = V_{s3n} - V_{s1n} = \sqrt{3}KV_r \sin \theta \sin \omega_c t \quad 2.11$$



Gambar 2.4
Diagram skematik *synchro transmitter*



Gambar 2.5.
Konstruksi *synchro transmitter*

Bila $\theta = 0$, dari persamaan (2.6) sampai persamaan(2.8), maka tegangan lilitan S_2 adalah tegangan maksimum persamaan (2.7), dan menurut persamaan (2.11) tegangan V_{s3s1} adalah nol. Posisi rotor tersebut didefinisikan sebagai *electrical zero* dari *transmitter* dan digunakan sebagai referensi untuk menentukan posisi sudut dari rotor (lihat Gbr 2.6). Jadi masukan dari *synchro transmitter*

adalah posisi sudut sumbu rotor dan keluarannya adalah 3 tegangan seting satu fase yang diberikan oleh persamaaan (2.6) sampai dengan persamaan (2.8). Penguatan dari tegangan rotor merupakan fungsi dari sumbu posisi. Keluaran dari *synchro transmitter* dihubungkan pada lilitan stator *synchro transformer*. Konstruksi dari *synchro transformer* dibuat berbentuk bulat sehingga celah udara dianggap sama. Sistem ini (pasangan *synchro transmitter* dan *synchro transformer*) merupakan sensor kesalahan. Tegangan induksi pada rotor *synchro transformer* adalah sebanding dengan kosinus sudut dari 2 rotor, diberikan sebagaimana persamaan berikut :

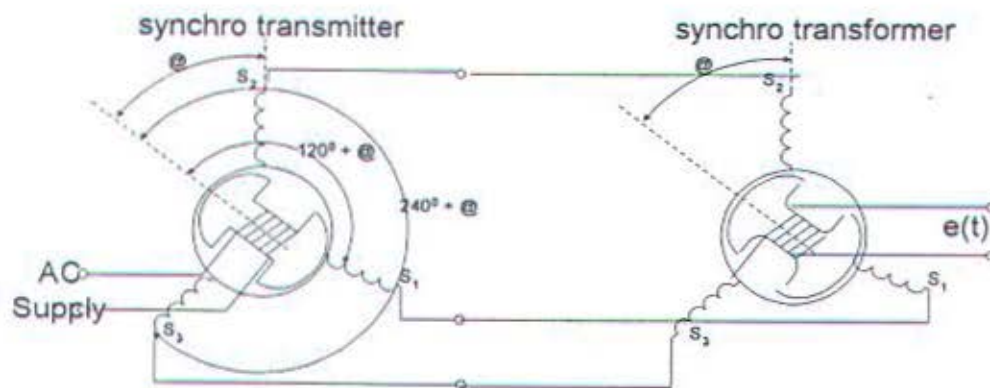
$$e_{(r)} = K'V_r \cos \phi \sin \omega_r t \quad 2.12$$

di mana ϕ adalah perubahan sudut antara 2 rotor. Jika θ adalah nol, maka 2 rotor terletak pada 2 sudut yang sama dan tegangan induksi pada *synchro transformer* adalah nol. Posisi ini disebut sebagai posisi *electrical zero* dari *synchro transformer*. Pada **Gbr 2.6**, tampak rotor *synchro transmitter* dan *synchro transformer* pada posisi *electrical zero*. Jika rotor pada *synchro transmitter* berputar sebesar sudut θ , maka rotor pada *synchro transformer* akan berputar pada arah yang sama sejauh α , hasil perbedaan sudut 2 buah rotor adalah $\phi = (90^\circ - \theta + \alpha)$, tegangan terminal rotor pada *synchro transformer* pada persamaan (2.12) menjadi :

$$e_{(r)} = K'V_r \sin(\phi - \alpha) \sin \omega_r t \quad 2.13$$

Untuk perpindahan sudut yang kecil antara posisi 2 rotor, menjadi :

$$e_{(t)} = K'V_r (\phi - \alpha) \sin \omega_c t \quad 2.14$$



Gambar 2.6 Synchro tansmitter dan synchro tranformer

Jadi $e_{(t)}$ merupakan tegangan kesalahan yang dihasilkan oleh perbedaan posisi rotor *synchro transmitter* dan rotor *synchro transformer*. Gambar tegangan untuk $(\phi - \alpha)$ yang berubah-ubah terhadap waktu untuk persamaan (2.13) terlihat pada Gbr 2.6. Dapat dilihat dari gambar bahwa keluaran *synchro* sensor kesalahan berupa sinyal bermodulasi. Gelombang bermodulasi mempunyai informasi mengenai tidak adanya kesesuaian antara posisi 2 rotor dan gelombang pembawa adalah masukan ac untuk rotor pada *synchro transmitter*. Tipe modulasi ini dikenal sebagai *Suppressed Carrier Modulation*.

Dari persamaan (2.13) sinyal modulasi yang menggambarkan ketidaksesuaian antar posisi 2 sumbu adalah.

$$e_{m(t)} = K_s(\theta - \alpha) \quad 2.15$$

di mana K_s adalah sensitifitas sensor kesalahan sudut, yaitu perbedaan sudut dari pasangan *synchro* dan mempunyai besaran volt (rms)/rad.

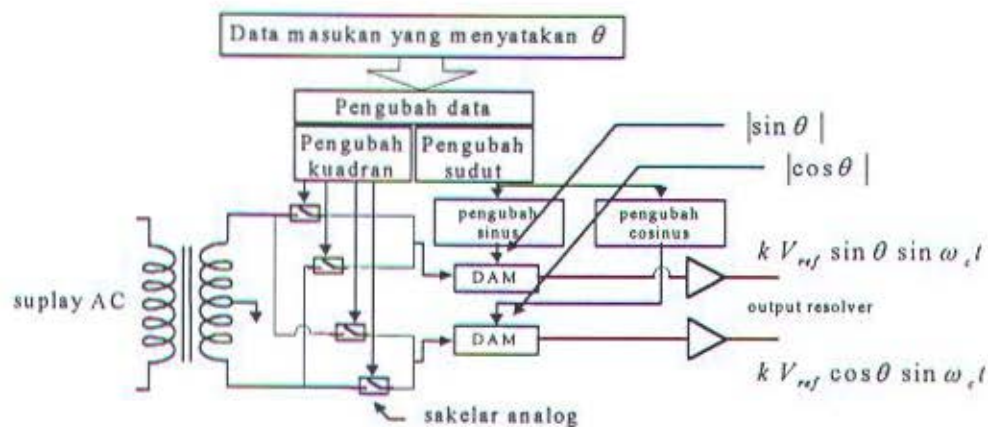
II.3 AKUISISI DATA POSISI DENGAN *SYNCHRO*

Istilah *synchro* dipakai untuk kelompok peralatan elektromekanis ac, dalam berbagai bentuk, yang melakukan fungsi pengukuran sudut, penjumlahan dan pengurangan tegangan dan/atau sudut, transmisi sudut jarak jauh (*remote*), dan perhitungan komponen siku-siku vektor. Pada pembahasan ini hanya diberikan fungsi pengukuran sudut. *Synchro* untuk pengukuran sudut paling banyak dipakai sebagai komponen servomekanis atau sistem pengendalian gerakan umpan balik otomatis yang mengukur dan membandingkan posisi rotasi sebenarnya dari pembebanan dengan posisi yang dikehendaki. Untuk melakukan fungsi ini, digunakan dua jenis *synchro* yang berbeda, yaitu *synchro transmitter* dan *synchro transformer*.

Walaupun *synchro* pada dasarnya dikembangkan untuk pemakaian dengan sistem analog, banyak pemakaian (alat-alat mesin, antena, dan lain-lain) dewasa ini menggunakan pendekatan digital. Meskipun enkoder sudut poros digital bisa digunakan sebagai sensor yang cocok untuk sistem digital lain, *synchro* dan *resolver* yang bersesuaian mempunyai sejumlah keuntungan yang membuatnya diinginkan. Untuk menghubungkan dengan bagian digital sistem, diperlukan pengubah *synchro* ke digital (*synchro to digital converter*), berupa sepotong alat elektronik zat padat.

II.3.1 PENGUBAH DIGITAL KE RESOLVER

Pengubah ini selain digunakan untuk mengubah secara langsung data digital yang menginformasikan simpangan sudut dan juga digunakan sebagai basis *Digital synchro Converter*. Pengubah (*converter*) ini bisa menggantikan *resolver transmitter* dengan nilai masukan sudut yang dinyatakan dalam data digital.



Keterangan: DAM adalah *Digital Amplitudo Modulation*
Pengubah kuadran digunakan untuk mengaktifkan sakelar.

Gambar 2.7 Pengubah digital ke resolver

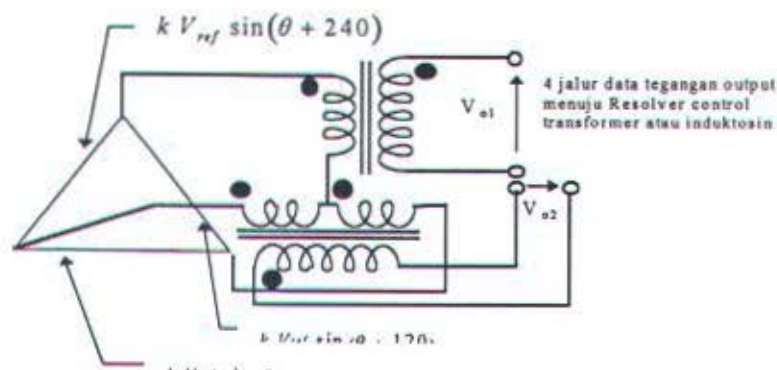
Pengubah data pada blok ini menginterpretasikan *significant bits* data, yang menyatakan kuadran di mana sudut simpangan berada. Kemudian pengubah kuadran memilih sefase atau berlawanan fase dari tegangan referensi baik sinus maupun kosinus. Hal ini dilakukan dengan mengaktifkan sakelar analog. Pengubah data juga mengubah data sudut yang ekuivalen pada kuadran pertama dan hasil sudut angular ini digunakan sebagai masukan pada pengubah sinus maupun kosinus. Dekoder kuadran memilih sign dari referensi ac untuk dua kanal, dengan menyulut sakelar analog dengan hubungan ++, +-, --, -+ untuk empat kuadran. Dalam masing-masing kasus, dua tanda menggambarkan tanda yang diperlukan

untuk fungsi sinus dan kosinus. Data yang menyatakan sudut yang sama dikuadrant pertama diubah ke data sinus dan kosinus, menggunakan perangkat keras untuk mengimplementasikan algoritma sinus dan kosinus. sehingga data keluaran dari pengubah menyatakan magnitudo dari sinus dan kosinus.

Panel sinus DAM mengalikan masukan ac analog dengan digital masukan $|\sin \theta|$ menghasilkan keluaran ac analog $k.V_{ref} \cdot \sin \theta \sin \omega_c t$ dan kemudian dimasukkan ke penguat amplifier. Demikian juga untuk kanal kosinus. Kedua keluaran tegangan ac ini merupakan sepasang tegangan *resolver*, sehingga pengubahnya disebut *transmitter resolver solid state*.

II.3.2 SCOTT-T TRANSFORMER

Scott-T transformer adalah sepasang sinyal *transformer* yang dapat digunakan untuk mengubah 3 jalur *synchro* menjadi 4 jalur data *resolver* dan sebaliknya (Gbr 2.8) . Sebagai konfigurasi biasanya dikenal sebagai hubungan Scott-T sepasangan transformator. Ini diperlukan untuk mengubah 2 fase ke 3 fase dan sebaliknya.



Gambar 2.8 Transformator Scott-T

Semua tegangan di atas adalah rms dari sinyal sinus. Dengan menerapkan trigonometri dapat dilihat bahwa.

$$V_{2CT} = \frac{\sqrt{3}}{2} kV_{ref} \cos \theta \quad 2.16$$

$$V_{3CT} = \frac{\sqrt{3}}{2} kV_{ref} \sin \theta \quad 2.17$$

$$V_{1CT} = -\frac{1}{2} kV_{ref} \sin \theta \quad 2.18$$

Dengan memberi transformator 1 dengan perbandingan $\frac{\sqrt{3}}{2}:1$ dan transformator 2

dengan perbandingan $\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\right):1$ sehingga keluaran tegangan menjadi

$$V_{o1} = kV_{ref} \cos \theta \quad 2.19$$

$$V_{o2} = kV_{ref} \sin \theta \quad 2.20$$

tegangan rms kedua sinyal sama tetapi berbeda fase 90° . Oleh karena itu *transformer* menghasilkan sumber data yang cocok untuk sistem transmisi *resolver*. Ini menunjukkan bahwa sepasang transformator ini bisa menghasilkan perubahan *synchro* ke *resolver* yang cocok.

II.3.3 PENGUBAH SYNCHRO KE DIGITAL

Karena lebih mudah memproses dua tegangan ac dari pada tiga tegangan ac, maka untuk menghasilkan data digital angular yang ekivalen biasa digunakan pengubah data *synchro* ke data *resolver* (Gbr 2.9).

Dengan batasan keluaran alat maksimum 4 (volt) sehingga sinyal kelihatan terpotong. *Settling time* yang dicapai sistem dengan menggunakan *synchro* digital jauh lebih cepat dibanding dengan *synchro* analog. Periode sampling 0.021 detik dengan *synchro* digital diperoleh *setling time* kira kira 2 detik. Dengan *synchro* analog data diambil dengan kecepatan 0.005 detik (menggunakan PCL 712) diperoleh *setling time* kira-kira 5 detik.

IV.6 IDENTIFIKASI SISTEM

Supaya dalam menganalisa sistem pengendalian motor ac yang digunakan dapat diketahui penampilannya secara keseluruhannya, maka terlebih dahulu harus diketahui karakteristik dari masing-masing block komponen yang digunakan. Selanjutnya menentukan model matematis dari sistem yang biasa disebut sebagai fungsi penghantar. Hubungan antara parameter-parameter dan variabel fungsi penghantar bisa diperoleh melalui berbagai hukum elektris dan mekanis. Harga parameter di sini diperoleh dari spesifikasi yang diberikan oleh pabrik pembuat dari komponen tersebut atau dari percobaan. Desain kontroler dilakukan berdasarkan model matematika keseluruhan sistem yang diperoleh dari identifikasi sistem menggunakan sinyal PRBS, dengan selang waktu random antara 0 sampai dengan 5 detik menghasilkan $a_1 = 1.116$ $a_2 = -0.1211$ $b_1 = 0$ $b_2 = 0.0041$. Model ini diperoleh saat motor servo tanpa beban.

IV.7 PARAMETER SISTEM PENGENDALIAN POSISI MOTOR AC DUA FASA (MOTOR SERVO AC)

Transduser Posisi (*Synchro transmitter* dan *synchro transformer*)

Dengan batasan untuk perpindahan sudut yang kecil antara 2 posisi rotor (di bawah 1 rad), maka untuk harga konstanta kesalahan dari pendeteksi *synchro*

K_s = Sensitivitas *synchro* (volt/rad) dinyatakan dalam hubungan sebagai berikut

$$K_s = \frac{E}{\theta_{ref} - \theta_{out}} = \frac{E}{\theta_{error}} \quad 4.4$$

Pada spesifikasi alat (untuk modul percobaan) tertulis bahwa *rotary position constant* adalah 500 mV/rad (3,7 volts/rad on dial). Jadi sensitivitas *synchro* (K_s) adalah 3,7 volt/rad.

Konstanta tachogenerator :

Konstanta tachogenerator (K_t) dinyatakan dalam hubungan sebagai berikut:

$$K_t = \frac{E_{(t)}}{\omega_{(t)}} \quad 4.5$$

K_t = Konstanta tachogenerator (volt/rad/detik).

$E_{(t)}$ = Tegangan keluaran tachogenerator (volt).

$\omega_{(t)}$ = Kecepatan rotor pada saat tertentu (rad/detik)

Dari grafik konstanta tachometer didapat tegangan tachogenerator adalah sekitar 1,7 per 1000 rad/menit, atau 1,7 per 16,667 rad/detik, jadi $K_t = 0,1$ volt/putaran/detik ($K_t = 0.016$ volt/rad/detik).

IV.8 PENGARUH PERUBAHAN TIME CONSTANT (τ) PADA PENAMPILAN SISTEM

Time constant dari motor yang dipakai pada sistem pengaturan posisi motor servo ac sangat tergantung pada besarnya beban inersia motor. Hal ini dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$\tau_m = \frac{J}{f + K_n} \quad 4.6$$

di mana J adalah momen inersia motor dan beban pada motor. Jika momen inersia motor(J) bertambah, maka *time constant* juga akan semakin besar, berarti respon sistem akan bertambah lambat dan frekuensi pada saat *overshoot* juga akan berkurang. Dengan semakin besarnya momen inersia, amplitudo *overshoot* juga akan membesar, hal ini disebabkan inersia yang lebih besar menyimpan energi yang lebih besar, sehingga meskipun torsi motor sudah berbalik, inersia masih menyimpan energi tersebut, akibatnya posisi output tetap bergerak dengan arah semula untuk suatu periode.

BAB V

PENUTUP

KESIMPULAN

- Dengan *synchro* digital ini sistem pengaturan posisi menggunakan *synchro* posisi dapat dikendalikan secara digital.
- Dengan *synchro* digital ini pengubah *synchro* ke digital tidak memerlukan transformator scott-T seperti pada pengubah *synchro* ke digital pada umumnya.
- Deteksi Posisi dilakukan menggunakan *synchro transmitter*.
- Agar pengaturan posisi dengan *synchro* dapat dilakukan secara digital perlu transduser yang mengubah bentuk informasi amplitudo ke tegangan.
- Untuk mendeteksi posisi simpangan dalam empat kuadran (360 derajat) perlu dilakukan pendeteksi kuadran.
- Dengan pendekatan ruang keadaan modifikasi kontroler lebih mudah dilakukan.
- Desain pengukuran dengan *synchro* yang lebih teliti membutuhkan DAC dengan bit banyak dan bisa beroperasi untuk referen ac.
- Kelebihan *synchro* digital dengan pengaturan *synchro* analog.

Bisa mengetahui posisi aktual.

Parameter sistem bisa diketahui.

Parameter kontroler bisa diatur.

- Kekurangan

Ketelitian pengaturannya adalah 90/254 derajat simpangan.

Sinyal kendali dibagi menjadi 128 tingkatan, yaitu 8 bit data diubah ke dalam analog $-v$ sampai v .

Tidak dapat digunakan untuk mengubah digital ke *synchro* untuk mengendalikan motor secara langsung, karena bentuk data keluaran dari *synchro* digital ini bukan merupakan data sudut simpangan yang diinginkan

SARAN SARAN

Dalam melakukan akuisisi data *synchro* didapatkan data yang berfluktuasi sesuai dengan sinyal referensi, hal ini disebabkan penggunaan pengubah dari sinyal rms ke dc mengakibatkan cacat. Untuk mendapatkan akuisisi data yang lebih baik maka sinyal referensinya harus mempunyai frekwensi tinggi. Besarnya frekwensi sinyal referensi sinus untuk *synchro* ini sebaiknya adalah 400Hz (dari data komponen).

Perlu didesain filter digital yang lebih baik untuk akuisisi data pada *synchro*, sehingga variansi pengukuran bisa dikurangi.

Pengubah data analog ke digital harus menggunakan derajat bits yang lebar (tinggi), sehingga mampu digunakan untuk pengubah digital ke *synchro* yang lebih teliti.

Prasetio?

DAFTAR PUSTAKA

1. Jacob, J. Michael, " **Industrial Control Electronics** ", Prentice-Hall International, Inc, 1989
2. Kingsley, A.E Fitzgerald, Charles Jr. & Umans, Stephen D, alih bahasa Ir. Djoko Achyanto Msc.EE, " **Mesin - Mesin Listrik** ", edisi ke-4, Erlangga, 1986.
3. Lyless, Black, " **Data Communication and Distributed Networks**", Prentice-Hall International, New Jersey, 1993.
4. Hall, Bouglas V, " **Microprocessor and interfacing programming and hardware** ", Mc Grow-Hill Book, Singapore, 1987.
5. Ogata, K, " **Modern Control Engineering** ", Prentice-Hall Inc. Eaglewood, H.J, USA, 1990.
6. Schultz, Thomas W, " **C and The 8051 Programming for Multitasking** ", Prentice-Hall Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.
7. Data Book, " **Eight-Bit 80C51 Embedded Processors** ", Advanced Micro Device, 1990.
8. Doebelin, Ernest O, " **Measurement Systems Application and design** ", McGraw-Hill, Inc, 1983
9. Prasetio, Hermawan, " **Perencanaan Sistem Pengaturan Posisi Motor Servo AC** ", buku tugas akhir Sistem Pengaturan, Elektro ITS, 1994.

LAMPIRAN 1

Listing Program

Untuk memonitor proses pengaturan posisi

Bahasa pemrograman dengan turbo ++ digunakan pada PC untuk memonitor respon sistem pengaturan posisi.

```
#include <time.h>
#include <io.h>
#include <stdlib.h>
#include <alloc.h>
#include <graphics.h>
#include <stdarg.h>
#include <iostream.h>
#include <dos.h>
#include <conio.h>
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#define COM 0x00
#define CONF 0xE3
#define BUF 8192

union REGS inregs,outregs;
float data1,data2;
int byte;
char buff[BUF];
char buff2[BUF];

char *NamaFile;
int i,j,kk,ll,warna,x,y,x1[12],x2[12],y1[12],y2[12],u_1,u_2,u_3
,letakx,letaky;
float waktu,data,ts,ti,td,kp,f[10][10],y_estim,uuu,uu_1,uu_2,
derif,integ,ffil,t_before[10],anyar;
float data1 = 0.0;
float data2 = 0.0;
float data3 = 0.0;
float data4 = 0.0;
float data5 = 0.0;
float dat_1 = 0.0;
float dat_2 = 0.0;
float dat_3 = 0.0;
char string[4] = "";

void portinit()
{
    inregs.h.ah=0x00;
    inregs.x.dx=COM;
```

```

        inregs.h.al=CONF;    /* 9600 br tanpa parity 1 stop bit */
                             /* 8 bit tiap karakter */
        int86(0x14,&inregs,&outregs);
    }

    int ready()
    {
        inregs.h.ah=0x03;
        inregs.x.dx=COM;
        int86(0x14,&inregs,&outregs);
        return(outregs.h.ah & 1);
    }

    void send(char c)
    {
        inregs.h.ah=0x01;
        inregs.x.dx=COM;
        inregs.h.al=c;
        int86(0x14,&inregs,&outregs);
    }

    char receive()
    {
        inregs.h.ah=0x02;
        inregs.x.dx=COM;
        int86(0x14,&inregs,&outregs);
        if(!(outregs.h.ah & 128))
            return(outregs.h.al);
    }

    int baca(char jenis)
    {
        char ch,string1,string2;
        int i,byte;
        float data;
        data = 0;
        string1='a';
        string2='b';
        byte = 0;
        do{
            if (ready()){
                /* membaca data jika ada kiriman*/
                ch = receive();
                /* jika menemukan bukan angka */
                buff[byte++] = ch;
            }
            while(ch!=string1);    /* data diakiri dg huruf 'a' */

            if(buff[byte-2]==string2) data2=atof(buff);
            else
                data12 = atof(buff);
            return(data);
        }
    }

```



```

// tampilan
void buka_grafik()
{
    int graphdriver = DETECT, graphmode;
    initgraph(&graphdriver, &graphmode, "d:\\tc");
}
sumbu(){
    int i;
    settextstyle(7,0,1);
    setcolor(YELLOW);
    outtextxy(81,6,"RESPON PENGATURAN POSISI MOTOR SERVO AC");
    outtextxy(81,26,"    DENGAN METODA SYNCHRO DIGITAL");
    setcolor(BLUE);
    outtextxy(80,5,"RESPON PENGATURAN POSISI MOTOR SERVO AC");
    outtextxy(80,25,"    DENGAN METODA SYNCHRO DIGITAL");

    // grafik 1
    setcolor(WHITE);
    line(50,80,50,200);
    line(50,200,250,200);
    for (i=80;i<=210;i+=20)
        line(45,i,50,i);
    for (i=50;i<=250;i+=20)
        line(i,200,i,205);
    settextstyle(2,1,4);setcolor(WHITE);
    outtextxy(10,80,"Posisi (derajat)");
    settextstyle(2,0,4);
    outtextxy(80,210,"Respon yang diinginkan");
    // grafik 2
    setcolor(WHITE);
    line(350,80,350,200);
    line(350,200,550,200);
    for (i=80;i<=210;i+=20)
        line(345,i,350,i);
    for (i=350;i<=550;i+=20)
        line(i,200,i,205);
    settextstyle(2,1,4);setcolor(WHITE);
    outtextxy(310,80,"Posisi (derajat)");
    settextstyle(2,0,4);
    outtextxy(380,210,"Aksi kontroler PID");
    // grafik 3
    setcolor(WHITE);
    line(50,280,50,400);
    line(50,400,250,400);
    for (i=280;i<=410;i+=20)
        line(45,i,50,i);
    for (i=50;i<=250;i+=20)
        line(i,400,i,405);
    settextstyle(2,1,4);setcolor(WHITE);
    outtextxy(10,280,"Posisi (derajat)");
    settextstyle(2,0,4);
    outtextxy(80,410,"Respon sistem ");
}

```

```

settextstyle(2,0,4);
setcolor(10);
line(280,360,310,360);
outtextxy(315,355,"posisi diinginkan");
setcolor(12);
line(280,370,310,370);
outtextxy(315,365,"respon alami");
setcolor(25);
line(280,380,310,380);
outtextxy(315,375,"respon yang diharapkan ");
setcolor(4);
line(280,390,310,390);
outtextxy(315,385,"error posisi ");
setcolor(5);
line(280,400,310,400);
outtextxy(315,395,"posisi aktual ");
setcolor(3);
line(280,410,310,410);
outtextxy(315,405,"sinyal kendali "); }

```

```

pid()
{
float prop,ts;
    ts      = 0.02;
    td      = 4;
    kp      = 2;
    ti      = 0.9;
    uuu     = data4 - data3; // sinyal u = R(t) -C(t)

    prop    = kp*uuu;
    integ   = ((kp*ts*uuu)/ti) + integ;
    derif   = (kp*td*uuu-kp*uuu*td+ffil*derif)/(ts+ffil);

    anyar   = prop+integ+derif;
    uu_1    = anyar;
    uu_2    = uu_1;
}

gambar()
{
    int skala;
    skala = 20;
    x=letakx+int(waktu*13);
    y=int(letaky-skala*data);
    x2[j]=x1[j];
    y2[j]=y1[j];
    x1[j]=x;
    y1[j]=y;
    setcolor(warna);
    line(x1[j],y1[j],x2[j],y2[j]);
}

main()
{

```

```

char *strong;
int dec, sign;
int ndig = 5;

char cc;
int ii,iii,panj_data,data11;
float td;
double aktual,posisi;
clrscr();
buka_grafik();
portinit();
cc=1;
{ for(i=0;i<=4;i++)
    {x1[i]=50;y1[i]=200;x2[i]=50;y2[i]=200;}

for(i=5;i<=8;i++)
    {x1[i]=350;y1[i]=200;x2[i]=350;y2[i]=200;}

for(i=9;i<=12;i++)
    {x1[i]=50;y1[i]=600;x2[i]=50;y2[i]=600;}
    sumbu();
    dat_1=0;
    dat_2=0;
    u_1=0;
    u_2=0;

    letakx=50;
    letaky=200;
    for (iii=0;iii<1500;iii++)
    {
        data1=data1 + 0.01;
        u_3=u_2;
        u_2=u_1;
        u_1=data4;
        data2=data3;
        data3= (1.1169*data3) -(0.1211*data2)+(0.0*uu_1)+(0.0041*uu_2);
        data5= (1.1169*dat_1) -(0.1211*dat_2)+(0.0*u_1)+(0.0041*u_2);

        dat_3= dat_2;
        dat_2= dat_1;
        dat_1= data5;
        pid();

        j=1;warna=10;waktu = data1; data= data4; gambar();
        j=2;warna=12;waktu = data1; data= data5; gambar();
//      j=3;warna=17;waktu = data1; data= uu; gambar();
        j=4;warna=25;waktu = data1; data= data3; gambar();
        data4=4;
        u_1=data4;
    }

    getch();

```



```

posisi= 50.0;
posisi= 510*sin(posisi/180.0);
// posisi=sin(posisi)
gcvf(posisi,ndig,strong);
strcpy(buff2,strong);
panj_data=strlen(buff2);
data1=0;

letakx=350;
do{

    if(kbhit())
{
    cc=getch();

    for(ii=0;ii<=panj_data;ii++){
        send(buff2[ii]);
        delay(40);
    }
    send('0');
}

    data11= baca(cc);
    data1=data1 + 0.04;
    aktual=5*asin(data22);

    letakx=350;
    letaky=200;
    j=5;warna=3;waktu = data1; data= 2*data12/255.0; gambar();

    letakx=50;
    letaky=400;
    j=9;warna=4;waktu = data1; data= (5*posisi/510)-aktual; gambar();
    j=10;warna=5;waktu = data1; data= aktual; gambar();
    j=11;warna=6;waktu = data1; data= 5*posisi/510; gambar();

//    printf("\n %f %f",data2,data22);

/*    akhir perintah menggambar */
closegraph;
}while(cc!=27);
return(0);
}}

```

LAMPIRAN 2

Listing program

Mikrokontroler 80c31 untuk pengendalian pengaturan posisi

Program ini untuk selanjutnya dikompilasi menggunakan kompilasi franklienc sehingga menjadi file obj. File obj ini kemudian di link dengan obj lain (fungsi dari file lain) dan juga fungsi fungsi yang ada pada bahasa c agar sesuai dengan format dan pengalamatan yang ada pada minimum sistem 80c31. Hasil link ini adalah berbentuk file hexa. Untuk dapat dijalankan pada mikrokontroler file ini dirubah kebentuk bin menggunakan pengubah hexa ke biner, sehingga dapat dituliskan ke EPROM.

```
#pragma DEBUG CODE
#include <reg51.h>
#include <ctype.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <absacc.h>
#include <rtx51tiny.h>
#define uchar unsigned char;
#define porta XBYTE[0xE000]
#define portb XBYTE[0xE001]
#define portc XBYTE[0xE002]
#define port XBYTE[0xE003]
uchar alamat,ch,pa;
char buff[10];
sbit adbusy = P1^0; /* port1 ke 0 unt akhir konversi */
sbit adb1 = P1^2; /* port1 ke 2 unt menandai ad > 0.5 */
sbit adb2 = P1^3; /* port1 ke 3 unt menandai ad > 0.5 */
int hasil,nilai;
void tulis(char all,nilai);
void baca(char alamat);
int posisi(void);
char getchar(void);
main()
{
char sttr;
int i,j,k,pidint,sst,ssy,byte;
float pid,ser,dat;

SCON = 0x50; /* init serial mode 2, 8 bit data 1 star 1 stop*/
TMOD = 0x20; /* timer 1, mode 2, 8 bit reload */
TH1 = 0xFD; /* 9600 boud rate */
TR1 = 1;
TI = 1;
j=0;
sttr='a';
port = 0x89;
port = 0x89;
byte=0;
```

```

dat=0.0;
pid=0.0;
ser=0.0;
do{
if(RI) {ch = getchar(); /*ch terdeteksi sebagai nilai ascinya*/
do{
j=1; /* untuk memilih data yg mau dikirim*/
buff[byte++]=ch; }
ser=atof(buff);
} while(ch!=sttr);
byte=0;for(k=0;k<=9;k++)buff[k]='0';};
hasil=posisi();

pid = 2*(ser-hasil) + (ser-hasil)/0.9 + dat;
dat = (ser-hasil)/0.9;
pid=pid/5.0;
// pid=ser-hasil;
if(pid>=510.0) pid=510.0;
if(pid<=-510.0) pid=-510.0;
if(j!=1)pid=0.0;
if(pid>=0) nilai = 125+abs(pid/4);
if(pid<0) nilai = 125-abs(pid/4);

portb = nilai;

pidint = hasil/255;
printf("\n %fa %fba ",pid,hasil/510.0);

}while(1);
}

void baca (char alamat)
{
porta = 0x40;
porta = porta | alamat; /* pilih alamat ADC */
porta = porta | 0x08; /* kunci alamat tersebut */
porta = porta | 0x20; /* star konversi */
porta = porta & 0xF7; /* tutup alamat */
porta = porta & 0xDF; /* aktifkan konversi */
while(adbusy);
porta = 0x50;
nilai = portc;
} /* porta untuk data */

int posisi(void)
{
int i,data1,data2,data3,data4,dat,datx,daty;
baca(0x00);data1=nilai;printf(" ");
baca(0x01);printf(" ");data3=nilai;
baca(0x02);
baca(0x03);printf(" ");data2=nilai;
baca(0x04);
datx=data1;daty=510-data1;

```



```
hasil = daty;  
if(adb2) hasil=datx;  
if(data2>data1)  
    { datx=-data2;daty=data2-510;  
      hasil=datx;  
      if(adb1) hasil=daty;};  
return(hasil);  
}
```

```
char getch(char){  
    char c;  
    while(!RI);  
    c = SBUF;  
    RI=0;  
    return(c); }
```

LAMPIRAN 3

HUBUNGAN PARAMETER PID DENGAN PARAMETER HASIL ESTIMASI

$$T_d = \frac{\frac{1-C}{A} (a_1 - 2) - \left(\frac{B+2}{A} - 1\right) (1 - a_2)}{2 (1 - a_2 + a_1 + 2)}$$

$$T_i = \frac{2 M (a_1 + a_2 + 2)}{\left(\left(\frac{2}{T} \frac{B}{C} + 2 \frac{2}{T}\right) M - \frac{B}{C}\right) \left(\frac{B+2}{A} - 1\right) (1 - a_2) - 2 (a_1 + 2)}$$

$$K = \frac{b_1 2 M (1 + a_1 + a_2)}{\left(\left(\frac{B+2}{A} - 1\right) (1 - a_2) - \frac{2 (a_1 + 2)}{\left(\frac{2}{T} \frac{B}{C} + 2 \frac{2}{T}\right) M - \frac{B}{C}}\right)}$$

$$N = \frac{U - V}{W} - 1$$

$$\text{dimana, } U = \frac{K b_1 \left(\frac{B+2}{A} - 1\right)}{a_1 + a_2 + 1}, \quad \frac{(2 Q - \frac{T}{2} (1 - a_2))}{(1 + a_1 + a_2) - (Q + M + 1)}$$

$$W = \frac{2}{T} Q M$$

$$A = \frac{\omega_n}{\sqrt{1 - \xi^2}} e^{-\sigma T} \sin \omega_n \sqrt{1 - \xi^2} T$$

$$B = -2 e^{-\sigma T} \cos \omega_n \sqrt{1 - \xi^2} T$$

$$C = e^{-2 \sigma T}$$

dimana,

$$\sigma = \xi \omega_n$$

KRITERIA YANG DIINGINKAN (model)

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{K}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}$$

$$\sigma = \zeta \omega_n$$

$$= \frac{K}{\omega_d} \left[\frac{\omega_d}{(s + \sigma) + \omega_d^2} \right]$$

Bentuk z dari $\frac{\omega_d}{(s + \sigma) + \omega_d^2}$ adalah

$$= \frac{e^{-\sigma T} \sin \omega_d T z^{-1}}{1 - 2e^{-\sigma T} \cos \omega_d T z^{-1} + e^{-2\sigma T} z^{-2}}$$

Maka bentuk z dari persamaan 2 adalah sebagai berikut:

$$\frac{C(z)}{U(z)} = \frac{K}{\omega_d} \left[\frac{e^{-\sigma T} \sin \omega_d T z^{-1}}{1 - 2e^{-\sigma T} \cos \omega_d T z^{-1} + e^{-2\sigma T} z^{-2}} \right]$$

Model Plant dinyatakan dengan persamaan beda sebagai berikut :

$$y(k) = -a_1 y(k-1) - a_2 y(k-2) - b_1 u(k-1)$$

Jika ditransformasikan ke dalam bentuk Z, maka

didapatkan persamaan sebagai berikut

:

$$Y(z) = -a_1 z^{-1} Y(z) - a_2 z^{-2} Y(z) + b_1 z^{-1} U(z)$$

$$\frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{b_1 z^{-1}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}$$

PENDEKATAN PLAN ORDE DUA

Bentuk polinomial orde dua

$$\frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{b_0 + b_1 z^{-1}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}$$

diasumsikan saat rise time sedemikian rupa hanya terjadi 1 kali delay

sehingga $b_0 = 0$ (belum muncul)

STRUKTUR SISTEM (ARX)

$$y(t) = - \sum_{i=1}^{n_A} a_i y(t-i) + \sum_{i=0}^{n_B} b_i u(t-i) + \varepsilon(t)$$

$$n_A > n_B$$

untuk memudahkan pengerjaan, sementara white noise (ε) dihilangkan

$$y(t) = - \sum_{i=1}^{n_A} a_i y(t-i) + \sum_{i=0}^{n_B} b_i u(t-i)$$

KONTROLER PID MODIFIKASI (*Pembangkit Sinyal U*)

$$K_p \left[1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{N T_d s}{T_d s + 1} \right],$$

Jika ditransformasikan ke dalam bentuk z dengan $s = \frac{2}{T} \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}$, maka

$$G_c(z) = K_p \left[1 + \frac{1}{T_i \frac{2}{T} \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}} + \frac{N T_d \frac{2}{T} \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}}{T_d \frac{2}{T} \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}} + 1} \right]$$

$$\frac{u(z)}{es(z)} = \frac{P + O z^{-1}}{W}$$

untuk numerator

$$\begin{aligned} \frac{2}{T} T_i T_d (1+N) + T_i + T_d + \frac{T}{2}, & \triangleq P \\ \left[T - 2 T_i T_d \frac{2}{T} (1+N) \right] Z^{-1}, & \triangleq O \end{aligned}$$

$$\left[\frac{2}{T} T_i T_d + T_i (1 + N) - (T_i + T_d) + \frac{T}{2} \right] Z^{-2}, \underline{\underline{\Delta S}}$$

Untuk denominator disajikan sebagai berikut :

$$\frac{2}{T} T_i T_d + T_i = L$$

$$-2 \frac{2}{T} T_i T_d Z^{-1} = Z$$

$$\frac{2}{T} T_i T_d - T_i = V$$

Sinyal Kendali Adalah:

$$u[k] = -\left(\frac{z}{L}\right)u[k-1] - \left(\frac{V}{L}\right)u[k-2] + es[k] + \left(\frac{O}{P}\right)es[k-1] + \left(\frac{S}{P}\right)es[k-2]$$

MODEL SISTEM DAN GANGGUAN

Model Infinite Impuls Respon (IIR)

$$A(q^{-1}) y(t) = B(q^{-1}) u(t)$$

- **Model Finite Impuls Response (FIR)**

$$y(t) = B(q^{-1}) u(t)$$

- **Model Auto Regresif (AR)**

$$A(q^{-1}) = \varepsilon(t)$$

- **Model Moving Average (MA)**

$$y(t) = C(q^{-1}) \varepsilon(t)$$

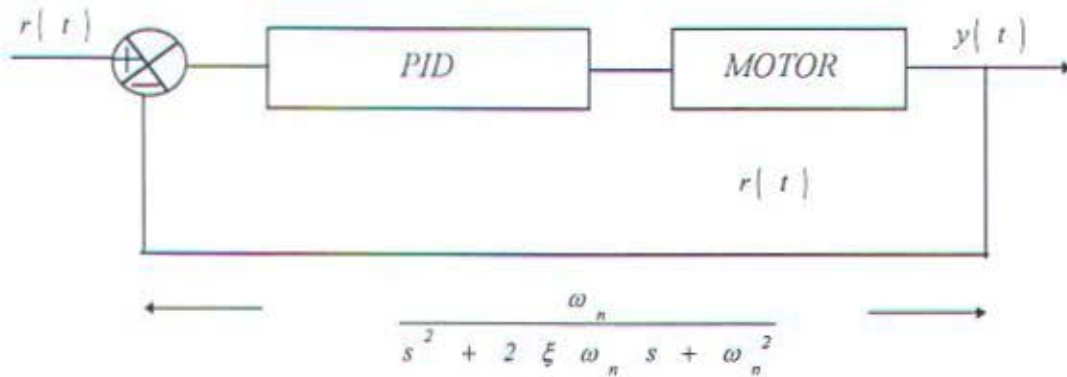
- **Model Auto Regresif Moving Average (ARMA)**

$$A(q^{-1}) y(t) = C(q^{-1}) \varepsilon(t)$$

- **Model Auto Regresif dengan input eksogen (ARX)**

$$A(q^{-1}) y(t) = B(q^{-1}) u(t) + \varepsilon(t)$$

KONSEP PERHITUNGAN PARAMETER PID DAN MOTOR (PLAN) YANG DIBANDINGKAN DENGAN KRITERIA MODEL



LANGKAH-LANGKAH YANG DILAKUKAN

IDENTIFIKASI PLAN

1. STRUKTUR SISTEM
2. ORDE
3. PARAMETER

MENCARI HUBUNGAN PARAMETER PLAN DAN PID

IDENTIFIKASI PARAMETER SISTEM MELALUI PERSAMAAN INPUT OUTPUT

Sistem dengan struktur ARMAX

$$A(q^{-1})y(t) = B(q^{-1})u(t) + C(q^{-1})$$

dapat ditulis dalam persamaan beda

$$a_0 Y(k) + a_1 Y(k-1) + \dots + a_n Y(k-N_a) = b_0 u(k) + b_1 u(k-1) + \dots + b_m u(k-N_b)$$

dalam format vektor

$$\theta = [a_1 \quad a_2 \quad a_n \quad \dots \quad b_1 \quad b_2 \quad b_m]^T$$

untuk $n=2$, dan $m=2$

$$\phi(k-1) = [-y(k-1) \quad -y(k-2) \quad u(k-1) \quad u(k-2)]$$

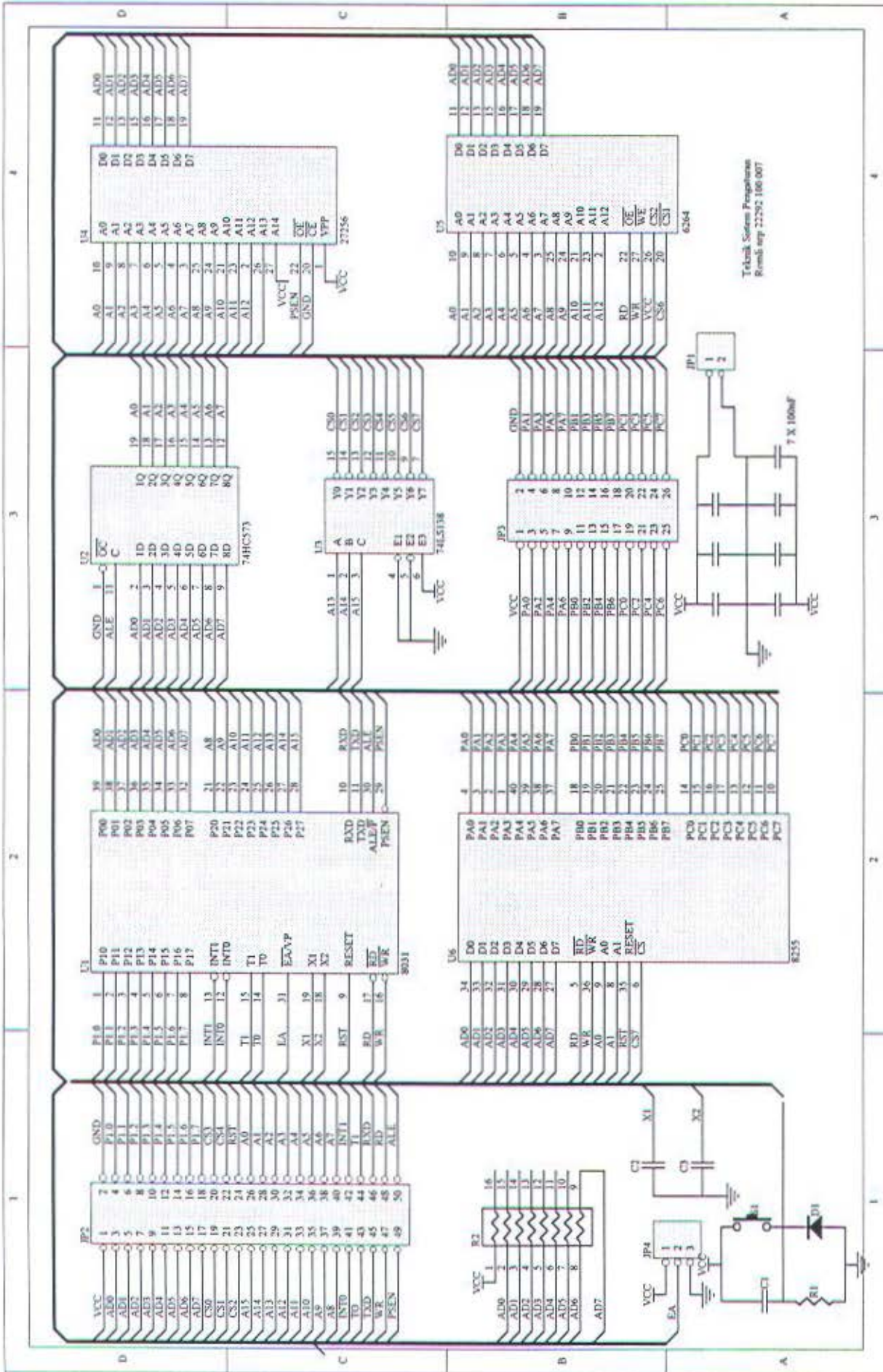
$$J_{(N)} = [y - \phi \hat{\theta}_N]^T [y - \phi \hat{\theta}_N]$$

minimal terhadap θ

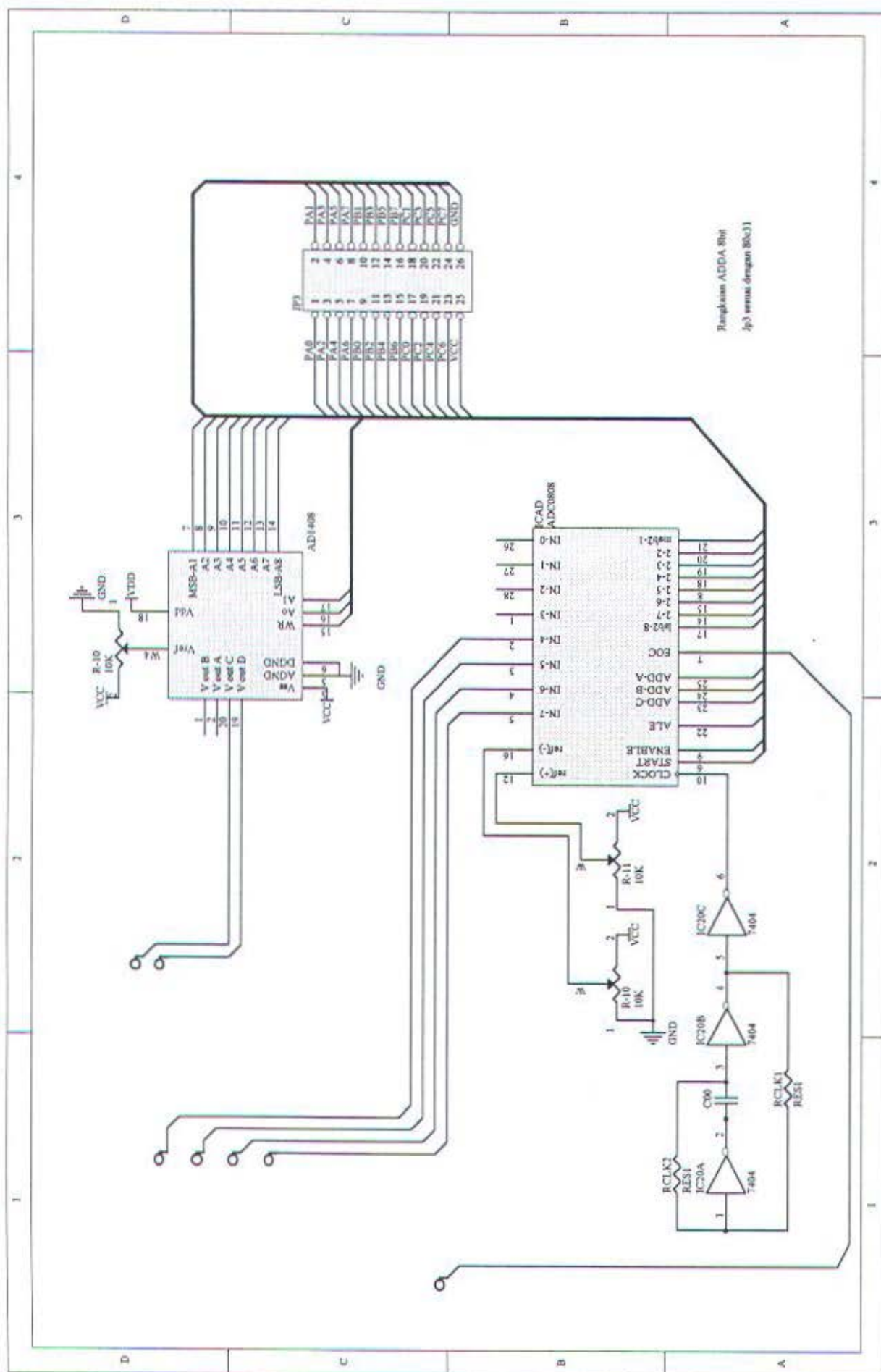
$$\hat{\theta}_N = (\phi^T \phi)^{-1} \phi^T y$$

$\hat{\theta}_N$ = parameter sistem dengan
 $N = N_a + N_b + N_c$ (jumlah parameter yang tidak diketahui)

$\phi_{n \times N}$ = vektor pengukuran dengan n =jumlah pengukuran



Teknik Sistem Pengukuran
Revisi: 01/2022 100.007



RIWAYAT HIDUP



Romeli dilahirkan di Nganjuk, 17 Mei 1972, putra ketiga dari tiga bersaudara. Bertempat tinggal di Jl Tanjung II/33 Prambon Nganjuk. Sejak 1992 terdaftar sebagai mahasiswa Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Riwayat Pendidikan Formal :

- SDN Tanjung tani I, Nganjuk lulus tahun 1985
- SMPN I Prambon I, Nganjuk lulus tahun 1988
- SMAN Tanjung Anom I Nganjuk lulus tahun 1991

Pada bulan Juli 1997 mengikuti seminar dan ujian Tugas Akhir di Bidang Studi Sistem Pengaturan , Jurusan Teknik elektro FTI - ITS sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro.

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

EE. 1799 TUGAS AKHIR - 6 SKS

Nama Mahasiswa : Romeli
No. Pokok : 2292 100 007
Bidang studi : Teknik Sistem Pengaturan
Tugas diberikan : Nopember 1996
Dosen Pembimbing : DR.Ir. Moch. Rameli
Judul Tugas akhir : DESAIN DAN PERANCANGAN SYNCHRO DIGITAL
SEBAGAI AKUISISI DATA DAN KENDALI DIGITAL
UNTUK PENGATURAN POSISI SERVO

Uraian Tugas Akhir :

Dalam pengendalian, pengukuran data secara akurat sangat diperlukan untuk mengetahui keadaan sebenarnya dari plan yang dikontrol. Pengembangan alat ukur dan metoda pengendalian akan dan terus dikembangkan agar dapat diterapkan pada berbagai kondisi. Kondisi ini antara lain pengaturan posisi dengan servo untuk alat berat yang umumnya bergetar dan banyak gangguan.

Pengendalian servo dengan metoda synchro sangat cocok untuk pengendalian semacam ini, namun pengaturan dengan sinyal analog sangat tidak fleksibel dan tidak bisa memenuhi kriteria yang diinginkan. Pendekatan ruang keadaan bisa digunakan untuk memperbaiki kinerja sistem. Oleh karena itu desain kontrol menggunakan metoda synchro secara digital perlu dilakukan.

Dalam tugas akhir ini perancangan sistem akan berupa perancangan metoda pengukuran menggunakan synchro dan kontroler digital dengan pendekatan synchro dan dicoba implementasinya pada pengendalian pengendalian posisi dari motor servo(AC) dua fase.

Surabaya, 7 Pebruari 1997

Mengetahui

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Moch. Rameli

NIP. 130 938 507

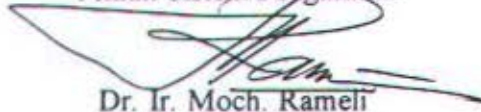
Dosen Pembimbing II



Ir. Rusdhianto EAK, MT

NIP. 130 604 244

Koordinator Bidang studi
Teknik Sistem Pengaturan



Dr. Ir. Moch. Rameli

NIP. 130 938 507

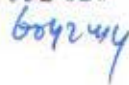
Mengetahui,

KETUA JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FTI - ITS



Ir. Teguh Yuwono

NIP. 130 532 026



A. JUDUL : DESAIN DAN PERANCANGAN SYNCHRO DIGITAL SEBAGAI AKUISISI DATA DAN KENDALI DIGITAL UNTUK PENGATURAN POSISI SERVO

B. RUANG LINGKUP :

- Teknik State Variable
- Sistem Pengaturan Digital
- Sistem Multivariable
- Sistem Pengaturan Optimal
- Sistem Pengaturan Adaptif
- Sistem Pengaturan Berhierarchy

C. LATAR BELAKANG : Pengaturan posisi dengan motor servo AC untuk alat berat umumnya bergetar dan banyak gangguan. Hal ini misalnya pada pengendalian posisi dari meriam, getaran yang ditimbulkan bisa mempengaruhi alat ukur maupun data pengukuran. Pengukuran dengan tahanan geser maupun encoder mungkin tidak menjamin ketahanan alat ukur dari getaran. Oleh karena itu metoda synchro sangat cocok untuk pengendalian semacam ini, namun pengaturan dengan sinyal analog sangat tidak fleksibel dan tidak bisa memenuhi kriteria yang diinginkan. Pendekatan ruang keadaan bisa digunakan untuk memperbaiki kinerja sistem. Oleh karena itu desain kontrol menggunakan metoda synchro secara digital perlu dilakukan. Kebutuhan perancangan sistem adalah berupa desain metoda pengukuran menggunakan synchro dan kontroler digital dengan pendekatan synchro diimplementasikan pada pengendalian posisi dari motor servo(AC) dua fase. Suatu eksperimen yang menggambarkan kondisi sistem perlu dilakukan untuk menguji sistem yang didesain dengan mengimplementasikan dengan pengaturan posisi pada pembebanan tertentu.

D. PENELAAHAN STUDI: Mempelajari sistem pengaturan posisi motor servo dua fase dengan metoda synchro.
Mempelajari konversi synchro kedigital dan sebaliknya.
Mempelajari filter digital dan linierisasi pengukuran.
Mempelajari sistem pengaturan digital untuk mendesain sistem pengendali digital.
Mempelajari perancangan sistem dan menyusun algoritma pengaturan.
Mempelajari perancangan kontroler digital berbasis mikro kontroler 80C31

Mempelajari penggunaan kompuler franklien untuk menuliskan algoritma pengaturan ke kontroler

E. TUJUAN : Mempelajari pengukuran sudut simpangan pada synchro secara digital.
Mempelajari pengendalian posisi motor servo menggunakan metoda synchro.
Mempelajari penulisan algoritma kontrol modern kedalam minimum system 80C31.
Implementasi pada plan

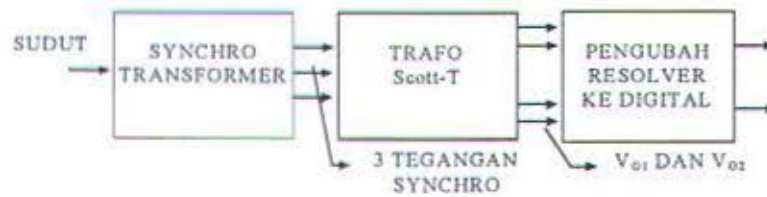
F. RELEVANSI : Dengan synchro digital dapat memperbaiki aksi pengontrolan posisi pada plan yang menggunakan metoda synchro. Perubahan parameter plan dapat dengan cepat dipantau dan diperbaiki agar optimalitas tertentu dapat dipenuhi.

G. LANGKAH LANGKAH

1. Studi literatur
2. Observasi labolatorium
3. Pemodelan sistem pengendali
4. Perancangan kontroler, sistem komunikasi dan perancangan software pengendali dengan kompuler turbo c franklien.
5. Implementasi dan analisa
6. Penulisan Naskah

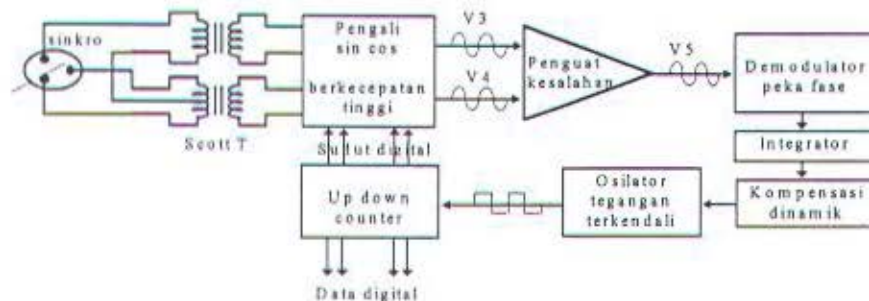
H. JADWAL KEGIATAN : Diharapkan seluruh kegiatan seleseai dalam jangka waktu enam bulan, dengan jadwal sebagai berikut :

No	Kegiatan	Bulan ke					
		I	II	III	IV	V	VI
1	Studi literatur	■	■	■			
2	Observasi labolatorium		■	■	■		
3	Pemodelan sistem			■	■	■	
4	Perancangan				■	■	■
5	Implementasi					■	■
6	Penulisan Naskah						■



Gambar 2.9 Diagram blok pengubah sudut simpangan ke resolver

Berikut ini adalah pengubah *synchro* ke digital yang umumnya dipakai, seperti dalam buku Industrial Application, Prentice Hall, 1990 (lihat Gbr 2.10).



Gambar 2.10 Pengubah *synchro* ke digital

Pertama-tama sinyal ac dari *synchro* masuk ke transformator khusus, Scott T, yang menghasilkan tegangan ac dengan amplitudo yang sebanding dengan sinus dan kosinus sudut poros *synchro* : θ

$$V_1 = KE_0 \sin \omega t \sin \theta \quad 2.21$$

$$V_2 = KE_0 \sin \omega t \cos \theta \quad 2.22$$

Perhatikan bahwa jika *resolver* dari *synchro* dipakai, transformator Scott T tidak diperlukan, karena *resolver* menghasilkan tegangan berbentuk persamaan seperti di atas secara langsung. Pengubah *synchro* ke digital merupakan sistem umpan balik yang semuanya elektronik, yang membandingkan sudut *synchro* θ dengan versi digitalnya ϕ . Jika ϕ tidak sama dengan θ pengubah memberikan sinyal koreksi ke

penghitung yang mengandung ϕ sehingga menggerakkannya ke harga yang benar. Sistem pengendalian ini merupakan tipe II sehingga kesalahan mantapnya adalah 0 antara komando θ dan jawaban ϕ untuk masukan θ berbentuk *unit step* dan *unit ramp*.

Tegangan V_1 dan V_2 secara digital dikalikan dengan $\sin \phi$ dan $\cos \phi$ yang menghasilkan

$$V_3 = KE_0 \sin \omega t \sin \theta \cos \phi \quad 2.23$$

$$V_4 = KE_0 \sin \omega t \cos \theta \sin \phi \quad 2.24$$

dan kemudian kedua tegangan ini dikurangkan dalam penguat kesalahan untuk memperoleh

$$V_5 = KE_0 \sin \omega t (\sin \theta \cos \phi - \cos \theta \sin \phi) \quad 2.25$$

$$V_5 = KE_0 \sin \omega t \sin(\theta - \phi) \quad 2.26$$

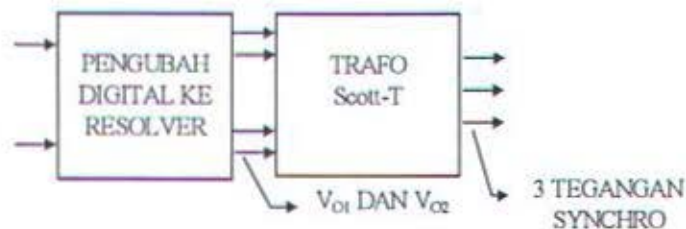
Amplitudo tegangan ac V_5 sebanding dengan $\sin(\theta - \phi) \approx \theta - \phi$ perbedaan antara θ dan ϕ . Sinyal kesalahan ac ini merupakan demodulasi peka-fase untuk mendapatkan sinyal kesalahan dc yang kemudian digunakan ke penguat operasional jenis integrator. Karena tegangan konstan yang dipakai untuk osilator, pengendalian tegangan menghasilkan frekuensi keluaran yang sebanding dan konstan, yang akan mengatur penghitung pada laju tetap, maka ini akan melengkapi integrasi kedua dalam untai pengendalian. Untuk peralatan analog SDC1704 yang beroperasi pada 400 Hz dan acuan seperti di atas pabrik memberikan fungsi transfer

$$\frac{\phi}{\theta}(D) = \frac{0,0082D + 1}{3,39 \cdot 10^{-8} D^3 + 2,73 D^2 + 0,00661D + 1} \quad 2.27$$

Ini jelas mempunyai kesalahan mantap nol untuk masukan *unit step*, sedangkan penyelesaian persamaan diferensial (penyelesaian khusus) untuk $\theta = At$ juga memperlihatkan kesalahan *unit step* nol. Pada kenyataannya, kesalahan *unit step* hanya untuk $A < 12$ r/det. Resolusi alat 14 bit ini adalah 1,3 menit busur dan ketelitiannya adalah $\pm 2,9$ menit busur ± 1 LSB. Alat ini juga menghasilkan tegangan dc yang sebanding dengan θ yang berguna dalam membuat stabilnya sistem servo yang memakai *synchro* untuk informasi sudut.

II.3.4 PENGUBAH DIGITAL KE SYNCHRO (DSC)

Pengubah digital ke *synchro* (DSC) ini digunakan untuk membangkitkan sinyal 3 jalur yang membawa informasi sudut simpangan. DSC ini bisa menggantikan *synchro transmitter* seperti terlihat pada Gbr 2.11.



Gambar 2.11 Blok pengubah resolver ke *synchro*

II.4 MODEL DAN IDENTIFIKASI SISTEM

Model dari sistem merupakan representasi dari aspek aspek sub sistem yang membangun sistem keseluruhan, model ini diharapkan dapat menyajikan informasi

tentang sistem yang digunakan. Dalam merancang sistem pengaturan informasi mengenai perilaku sistem yang diatur harus diketahui terlebih dahulu, sehingga sebelum melakukan perancangan perlu menyusun model dari sistem terlebih dahulu.

Model matematik adalah bentuk model yang diharapkan dapat memberikan diskripsi dan akurasi sistem yang paling baik. Ini disebabkan model matematik tidak menimbulkan penafsiran yang macam macam dan mempunyai struktur logika yang jelas. Model matematik dapat dibagi menjadi dua model deterministik dan model stokastik. Model dikatakan deterministik jika parameter modelnya dapat dihitung secara tepat dengan mengetahui harga parameter masukannya. Model stokastik jika parameter keluaran model tidak dapat dihitung secara tepat sebab adanya unsur random dalam parameter model yang mempunyai distribusi tertentu.

Model matematik dapat dibagi menjadi model kontinyu dan model diskrit. Pada model diskrit variabel keadaan berubah sesuai dengan saat pengambilan sampel. Sedangkan pada model kontinyu variabel keadaan berubah secara kontinyu. Model matematik diskrit disajikan dalam operator delay (q^{-1}), dalam fungsi-z atau dalam persamaan beda.

Secara umum ada dua cara untuk memperoleh model sistem, yaitu :

Pertama dengan melakukan pengukuran secara langsung terhadap parameter model yang dapat dilakukan apabila struktur model sistem telah diketahui. dengan demikian model sistem dapat diketahui apabila parameter sistem dapat dihitung. Cara kedua dengan metode kotak hitam yang dapat dilakukan apabila struktur

model atau rangkaian pengganti sistem tidak diketahui, dengan cara memberikan masukan standar terhadap sistem dan dengan mengamati keluaran maka dapat diketahui model sistemnya.

II.4.1 MODEL SISTEM

Persamaan masukan-keluaran sistem kontinyu pada model sistem *linier time invariant*, dapat dinyatakan dalam persamaan differensial berikut :

$$a_n \frac{d^n y(t)}{(dt)^n} + \dots + a_1 \frac{dy(t)}{dt} + a_0 y(t) = b_m \frac{d^m u(t)}{(dt)^m} + \dots + b_1 \frac{du(t)}{dt} + b_0 u(t) \quad 2.28$$

dalam domain kompleks dapat dituliskan pula

$$Y(s) = H(s) U(s) \quad 2.29$$

di mana fungsi alih sistem $H(s)$ diberikan oleh :

$$H(s) = \frac{A(s)}{B(s)} = \frac{b_0 + b_1 s + \dots + b_n s^n}{a_1 + a_2 s + \dots + a_n s^n} \quad 2.30$$

Bentuk diskrit dari persamaan di atas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Y(z) = H(z) U(z) \quad 2.31$$

$$H(z) = \frac{A(z)}{B(z)} = \frac{b_0 + b_1 z + \dots + b_n z^n}{a_1 + a_2 z + \dots + a_n z^n} \quad 2.32$$

Dalam permasalahan praktis model diskrit sistem sering dinyatakan sebagai :

$$Y(z) = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})} u(z) \quad 2.33$$

dengan polinom- z , $A(z^{-1})$ atau $B(z^{-1})$ didefinisikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A(z^{-1}) &= 1 + \sum_{i=1}^{n_a} a_i z^{-i} \\ B(z^{-1}) &= 1 + \sum_{i=1}^{n_b} b_i z^{-i} \end{aligned} \quad 2.34$$

di mana n_a dan n_b adalah orde dari polinom- z , $A(z^{-1})$ dan $B(z^{-1})$.

Bila sistem memiliki faktor perlambatan d satu satuan waktu periode sampling, maka persamaan di atas dapat ditulis sebagai

$$Y(z) = \frac{z^{-d} B(z^{-1})}{A(z^{-1})} u(z) \quad 2.35$$

Sehingga persamaan model diskritnya menjadi

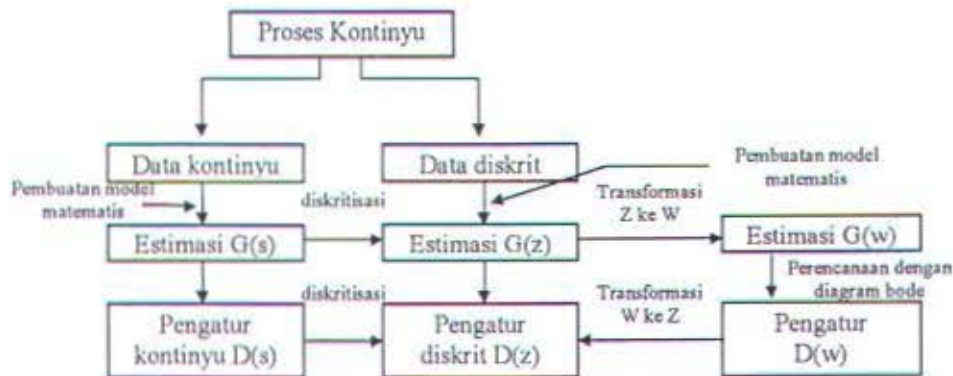
$$Y(z) + a_1 z^{-1} Y(z) + \dots + a_{N_a} z^{-N_a} Y(z) = b_1 z^{-1-d} u(z) + \dots + b_{N_b} z^{-N_b-d} u(z) \quad 2.36$$

dengan transformasi z balik persamaan sistem diskrit dalam domain waktu sebagai berikut :

$$y(t) + a_1 y(t-1) + \dots + a_{N_a} y(t-N_a) = b_1 u(t-1-d) + \dots + b_{N_b} u(t-N_b-d). \quad 2.37$$

II.5. METODE PERENCANAAN PENGATUR

Persoalan dalam perencanaan yang ditemui dalam sistem pengaturan digital sesungguhnya adalah sama dengan persoalan yang ditemui pada perencanaan sistem pengaturan data kontinyu. Pada dasarnya, suatu proses membutuhkan pengaturan sehingga keluaran proses mempunyai tanggapan yang bersesuaian dengan beberapa spesifikasi penampilan yang diinginkan. Dalam sistem pengaturan biasanya memiliki umpan balik yang akan membangkitkan sinyal kesalahan jika keluarannya dibandingkan dengan sinyal masukan. Oleh karena itu diperlukan suatu pengatur dengan spesifikasi yang memadai sehingga didapatkan tanggapan yang stabil untuk sistem. Lebih jauh lagi memungkinkan didapatkan sistem yang optimal.



Gambar 2.10 Empat dasar perencanaan pengaturan digital

Pada **Gbr 2.10** memperlihatkan empat route dasar untuk mendapatkan suatu pengatur dalam sistem digital untuk proses dengan waktu kontinyu, yaitu:

1. Pembuatan model sistem waktu kontinyu untuk mendapatkan $G(s)$ diikuti dengan transformasi ke $G(z)$ dan perencanaan pengatur digital.
2. Pembuatan model maupun perencanaan melalui sistem waktu diskrit.
3. Pembuatan model dan pengatur dalam waktu kontinyu diikuti oleh diskritisasi.
4. Perencanaan melalui bidang W .

Seluruh prosedur perencanaan pengatur digital dimulai dengan analisa matematis dari proses yang akan diatur, dengan demikian keseluruhan tugas perencanaan pengatur dapat dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu:

1. Mendapatkan gambaran matematis dari proses yang akan diatur atau dengan pembuatan model matematis.
2. Merencanakan pengatur.

Untuk suatu proses industri yang khusus, upaya yang diperlukan untuk tugas pembuatan model lebih besar dari upaya daripada tugas perencanaan pengatur.

BAB III

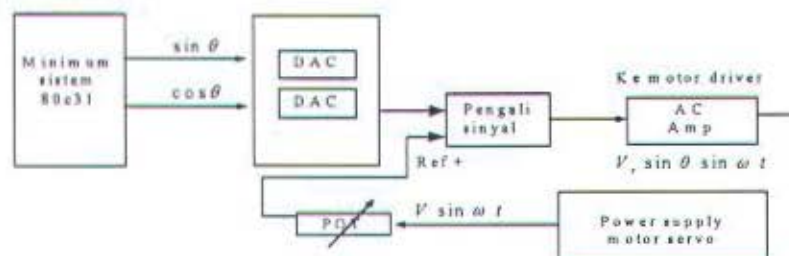
PERANCANGAN PERANGKAT KERAS DAN PERANGKAT LUNAK SISTEM PENGATURAN POSISI MOTOR SERVO AC DENGAN PENDEKATAN SYNCHRO DIGITAL

III.1. UMUM :

Pada umumnya sinyal penggerak motor servo untuk pengaturan posisi adalah menggunakan sinyal *synchro*. Sinyal ini pada pengaturan posisi menggunakan pendeteksi *synchro* yaitu berupa sinyal error yang keluar dari rotor pada *synchro transformer* dan merupakan hasil pengurangan antara sinyal informasi dengan sudut aktual.

III.2 DESAIN PEMBANGKITAN SINYAL PENGGERAK.

Untuk pengaturan posisi dengan *synchro* digital sinyal penggerak dihasilkan oleh *resolver*, yaitu alat yang menghasilkan sinyal berisi informasi sinyal kesalahan yang dihasilkan oleh kontroler. Pembangkitan sinyal ini dibentuk oleh perangkat keras dan perangkat lunak, yang secara sistem berupa interface antara mikro kontroler dengan motor servo. Diagram blok dari rancangan interface pengendali posisi servo ditunjukkan pada Gbr 3.1



Gambar 3.1 Diagram blok pembangkitan sinyal penggerak

Tegangan dari DAC berupa tegangan yang berisi $\sin \theta$ hal ini memungkinkan untuk membangkitkan sinyal sinus dengan amplitudo negatif atau berbalikan fase terhadap sinyal acuan dari motor servo. Hal ini digunakan untuk memutar motor servo pada arah yang berlawanan. Jika sudut simpangan terhadap acuan positif maka motor harus berputar ke kanan maka sinyal atur dari kontroler ke DAC mengandung *sign bit* 0, sehingga sinyal yang dihasilkan berorientasi pada tegangan referensi positif. Sebaliknya jika yang diinginkan berputar ke negatif maka *sign bit* diberikan 1 sehingga DAC berorientasi ke tegangan referensi negatif.

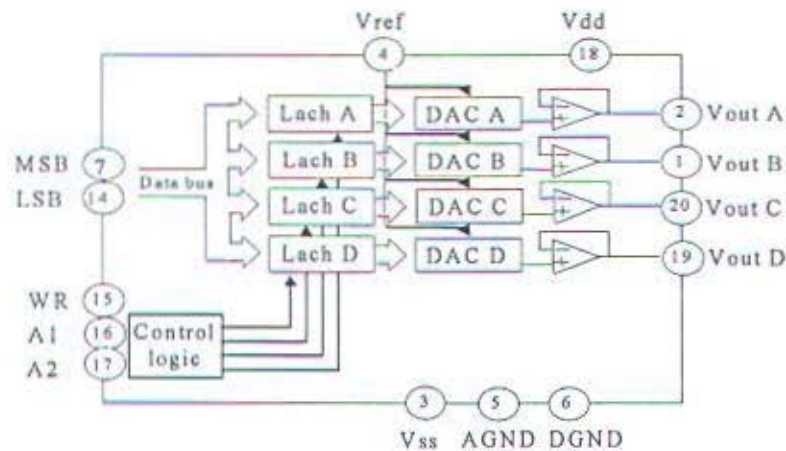
Pengali sinyal yang digunakan adalah type AD533, dari perkalian ini dihasilkan sinyal yang sesuai dengan di power suplay motor servo namun mempunyai amplitudo yang sesuai dengan sinyal informasi. Jika amplitudo ini positif maka motor akan bergerak ke kanan demikian juga jika amplitudo ini diberikan negatif maka motor akan bergerak ke arah yang berlawanan dari arah yang tadi yaitu ke kiri.

III.2.1 MODUL DAC

III.2.1.1 AD7226

AD7226 merupakan inti dari modul dac. DAC tersebut didesain untuk dapat dihubungkan secara langsung dengan sistem minimum sebagai unit sentral pengendali. Dalam satu chip IC ini mengandung 4 DAC 8 bit yang dilengkapi dengan rangkaian bufer. Sebagaimana **Gbr 3.2** dalam setiap DAC dilengkapi *latch*

data, penyangga keluaran, *control interface* dan rangkaian tambahan seperti pengubah arus ke tegangan dan penyesuai keluaran.

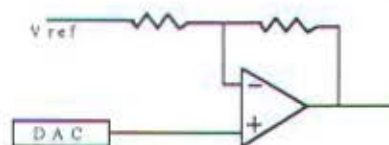


Gambar 3.2 Diagram blok DAC AD7226

Untuk memilih DAC mana yang aktif disediakan pin - pin kontrol A0, A1, dan WR. Saat WR logika *low* maka keluaran DAC yang dipilih melalui A0 dan A1 akan merespon data yang terdapat pada data bus, dan data tersebut akan dikunci pada kenaikan level sinyal WR, dan keluaran sekarang sesuai dengan data yang terdapat pada *latch* data DAC yang dipilih.

III.2.1.2 RANGKAIAN KELUARAN TEGANGAN BIPOLAR

Untuk mendapatkan keluaran bipolar pada AD7226 maka ditambahkan satu op amp lagi seperti terlihat pada Gbr 3.3.



Gambar 3.3 Rangkaian keluaran bipolar

Keluaran dari modul AD7226 ini secara keseluruhan berkisar antara V_{ref} sampai $+V_{ref}$. Dengan memberikan data digital sebesar $\sin\theta$ maka keluaran modul ini sudah berupa amplitudo sinyal driver motor servo yang membawa informasi arah putaran jika tegangan negatif maka motor berputar ke kiri namun jika tegangan yang dihasilkan adalah positif maka putaran motor adalah ke kanan. Penguatan yang terjadi di modul AD7226 ini adalah sebagai berikut :

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) \cdot (D_A V_{ref}) - \frac{R2}{R1} V_{ref}$$

Dengan memberikan harga $R1=R2$ didapatkan

$$V_{out} = (2D_A - 1) V_{ref}$$

di mana D_A adalah besaran yang menyatakan data digital yang diberikan pada DAC yang telah dikunci. Perbedaan harga $R1$ dan $R2$ menyebabkan penguatan dan *offset* kesalahan sehingga besarnya tahanan ini harus tepat. Tabel 3.1 menunjukkan perbandingan kode digital masukan terhadap keluaran yang dihasilkan.

Tabel 3.1
Tabel perbandingan kode digital terhadap keluaran dc

Data yang dikunci pada DAC		Keluaran analog
MSB	LSB	
1111	1111	$+V_{ref} (127/128)$
1000	0001	$+V_{ref} (1/128)$
1000	0000	0 V
0111	1111	$-V_{ref} (1/128)$
0000	0001	$-V_{ref} (127/128)$
0000	0000	$-V_{ref} (128/128)$

III.2.2 PEMBANGKITAN SINYAL AC BERMODULASI

Untuk menghasilkan sinyal ac bermodulasi yang digunakan untuk menggerakkan motor ac ini menggunakan piranti pengali sinyal. Pengolahan data keluaran dari modul DAC di atas digunakan sebagai amplitudo sinyal ac yang digunakan pada

stator motor ac. Penggunaan seperti ini adalah sesuai dengan pengubah *digital to resolver converter* yang dijelaskan pada bab 2.

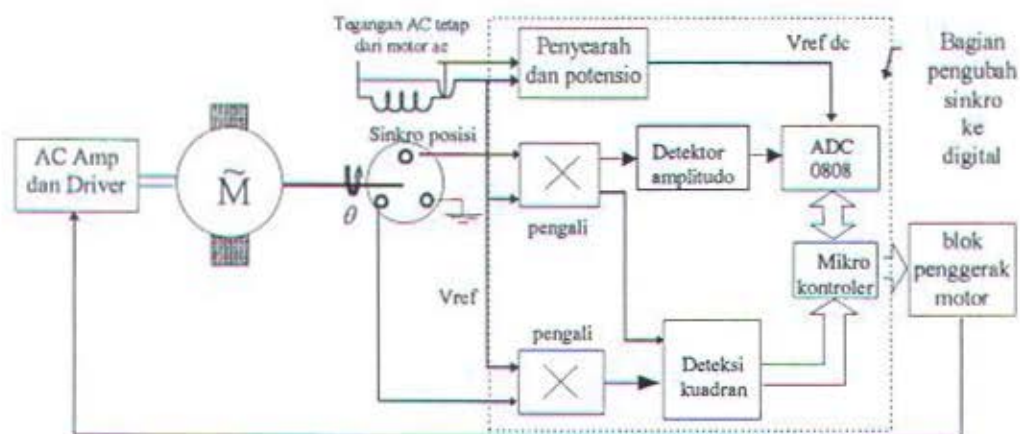
$V_{ref} \sin \omega t$ adalah sinyal pada stator motor

V_a adalah tegangan kendali dc keluaran dari modul DAC

Sehingga keluaran dari modul pembangkitan sinyal ac bermodulasi adalah $V_a V_{ref} \sin \omega t$, dengan memberikan V_a adalah $\sin \theta$ maka keluaran dari modul ini adalah $\sin \theta V_{ref} \sin \omega t$.

III.3 DESAIN PENDETEKSI POSISI DENGAN SYNCHRO

Modul ini mengambil data pada *synchro* sinyal S_1 S_2 S_3 dan R_1 dengan cara mengambil faktor magnitudo yang ada pada sinyal informasi $S_1 S_2$, $S_1 S_3$ dan R_1 keluaran *synchro*. Sistem pengambilan ini seperti ditunjukkan pada diagram blok berikut:



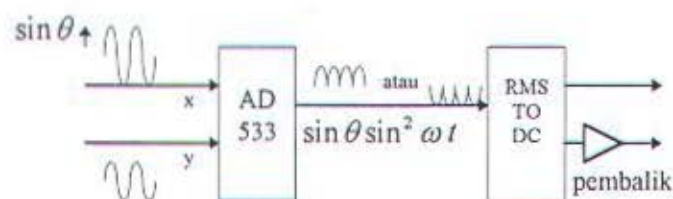
Gamabr 3.4 Diagram blok pengaturan posisi menggunakan pendeteksi posisi *synchro* digital

Pengali dan deteksi kuadran mempunyai tujuan untuk mengetahui dikuadran mana sudut simpangan terjadi. Deteksi kuadran ini perlu dilakukan karena $\sin \theta$ hanya

menginformasikan suatu besaran -1 sampai dengan 1 yang menunjukkan sudut simpangan antara -90° sampai $+90^\circ$. Jadi untuk membedakan $\sin \theta = 0.5$ mempunyai sudut simpangan 30° atau 150° diperlukan detektor kuadran. Sinyal dari sensor posisi berupa informasi dalam bentuk sinusoidal sehingga jika kita hanya mengukur besarnya amplitudo dari sinyal tersebut maka kita tidak bisa mengetahui secara langsung dikuadran mana simpangan sebenarnya terjadi. Posisi stator 2 dari *synchro* diletakkan pada ground. Sinyal antara S_1S_2 adalah $V \sin \theta \sin \omega t$ dan dikalikan dengan tegangan referensi $V_{ref} \sin \omega t$ maka didapatkan $V V_{ref} \sin \theta \sin^2 \omega t$ dari sinyal ini kita bisa mengetahui amplitudo sinyal informasi $V V_{ref} \sin \theta \sin^2 \omega t$ positif atau negatif.

III.3.1 RANGKAIAN PENDETEKSI SUDUT SIMPANGAN.

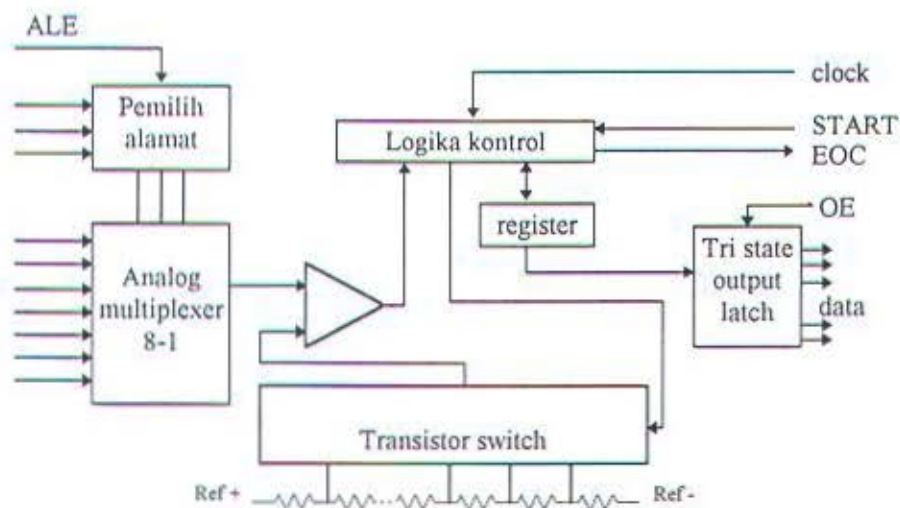
Rangkaian ini mengambil sinyal S_2S_1 yaitu stator 2 terhadap stator 1 dari *synchro transmitter* yang membawa informasi sudut simpangan sebesar θ . Kemudian sinyal ac ini dikalikan dengan sinyal referensi $V_{ref} \sin \omega t$, sinyal $V \sin \theta \sin^2 \omega t$ hasil perkalian ini dibawa ke positifnya, kemudian diukur amplitudonya lihat Gbr 3.5.



Gambar 3.5 Blok diagram pengali sinyal

III.3.2 Modul ADC0808

Pengubah analog ke digital ini diinterfacekan ke mikrokontroler 80C31 melalui PPI 8255. Modul ini mempunyai kemampuan untuk mengukur 8 masukan analog sehingga sangat berguna untuk mendeteksi kuadran serta pengukuran menggunakan tachogenerator apabila diperlukan. Berikut ini digambarkan diagram blok fungsional dari ADC0808 yang dilengkapi dengan 8 jalur *analog multiplexer* (lihat Gbr 3.6).



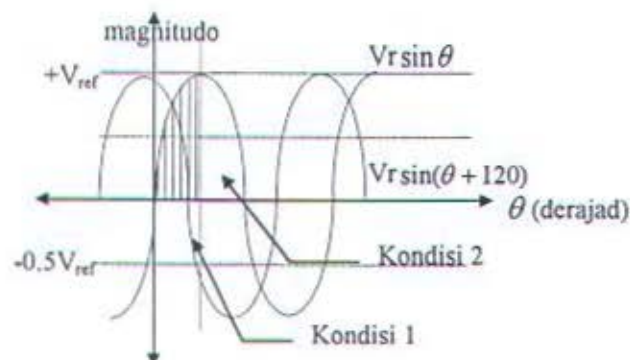
Gambar 3.6 Diagram blok ADC0808

Dari 8 sinyal analog yang diukur ini terdiri dari besarnya $\sin \theta$, deteksi $\sin \theta$ positif atau negatif, $\sin(\theta + 120)$, deteksi $\sin(\theta + 120)$ positif atau negatif. Dengan mengetahui dari keempat informasi ini dapat ditentukan dengan mudah berapa sudut simpangan tersebut sekaligus kuadrannya. Kemudian kontroler bisa menentukan apakah motor harus bergerak ke arah positif atau negatif.

III.3.3 DETEKSI KUADRAN

Untuk mengetahui dikuadran mana sudut simpangan yang terjadi terhadap posisi nol atau acuan maka diperlukan informasi $\sin \theta$ dan $\sin(\theta + 120)$, yang harganya berkisar antara -1 sampai dengan 1. Jika $\sin \theta$ positif maka sudut simpangan yang terjadi terletak pada kuadran satu atau kuadran dua. Oleh karena itu pengukuran terhadap $\sin(\theta + 120)$ tetap diperlukan untuk membedakan dua kuadran sekaligus untuk memperbaiki pengukuran pada pengukuran pertama pada $\sin \theta$.

Sinyal yang terukur pada *synchro* adalah ac yang mempunyai ampiltudo sebesar $\sin \theta$. Harga $\sin \theta$ ini positif jika sefasa dengan sinyal referensi dan negatif apabila berbeda fasa 180° terhadap sinyal referensi. Disinilah letak dipergunakannya perkalian sinyal $\sin \theta$ terhadap acuan.



Gambar 3.7 Magnitudo sinyal *synchro*

Dari **Gbr 3.7** dapat ditentukan kuadran simpangan tersebut sebagai berikut : jika nilai $\sin \theta$ positif maka sudut simpangan berada pada kuadran I atau II, jika $\sin \theta$ positif dan $\sin(\theta + 120) > -0.5 V_{ref}$ (kondisi I) maka disimpulkan sudut

simpangan berada pada kuadran I sebaliknya jika $\sin \theta$ positif dan $\sin(\theta + 120) < -0.5V_{ref}$ sudut simpangan terletak di kuadran II (kondisi 2). Lebih lanjut untuk menentukan kuadran ini dilakukan menggunakan perangkat lunak.

III.3.4 PEMBACAAN SUDUT SIMPANGAN

Dari dua besaran yang diukur dapat ditentukan sudut simpangan beserta kuadran simpangan dengan lebih tepat. Untuk menentukan besarnya sudut dari pengukuran terhadap $\sin \theta$ dibuat suatu tabel sudut simpangan terhadap nilai digital hasil pengukuran, lihat tabel 3.2. Kemudian untuk menentukan kwadran dibuat suatu algoritma.

Tabel 3.2
Tabel nilai digital terhadap sudut simpangan

No	nilai digital	nilai simpangan
1	000	0
2	001	$\text{acr sin } (1/254)$
3	002	$\text{acr sin } (2/254)$
4	003	$\text{acr sin } (3/254)$
...
253	253	$\text{acr sin } (253/254)$
254	254	$\text{acr sin } (254/254)$

Nilai simpangan ini dibuat dalam tabel yang ditentukan secara perhitungan numerik maupun percobaan terhadap *synchro*. Deteksi posisi ini mempunyai kemampuan mengukur 90/254 derajat. Hal ini dikarenakan ADC 8 bit digunakan untuk mendeteksi besarnya amplitudo positif saja yaitu 0 sampai 254, sehingga perubahan simpangan dalam bentuk $\sin \theta$ berkisar 0 sampai 1 dideteksi sebagai besaran integer 0 sampai 254.

AD1 digunakan untuk $\sin \theta$ positif (ADC0808 hanya mampu mengukur tegangan positif saja).

AD2 digunakan untuk $\sin \theta$ negatif setelah melalui inverter. Sehingga tegangan yang terukur adalah positifnya.

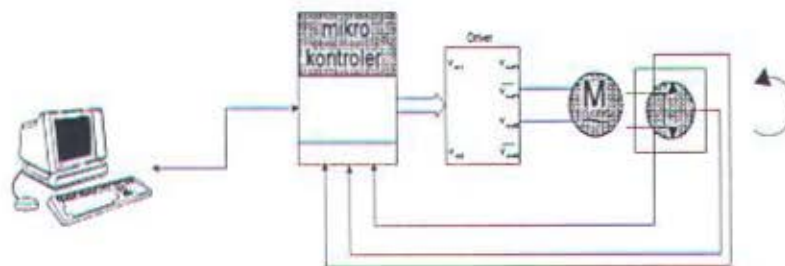
AD3 digunakan untuk $\sin(\theta + 120)$ positif (ADC0808 hanya mampu mengukur tegangan positif saja).

AD4 digunakan untuk $\sin(\theta + 120)$ negatif setelah melalui inverter. Sehingga tegangan yang terukur adalah positifnya

Jadi jika tegangan $\sin \theta$ positif maka data masuk AD1 dan AD2 nol. Sedangkan jika tegangan $\sin \theta$ negatif data masuk AD2 dan AD1 nol.

III.4 PENGATURAN POSISI MENGGUNAKAN MIKRO KONTROLER

Penggunaan mikrokontroler pada sistem pengaturan posisi pada dasarnya menggantikan *synchro transformer* yaitu sebagai penjumlahan terhadap posisi yang diinginkan dikurangi dengan posisi aktual, lihat diagram bentuk fisik pada **Gbr 3.8a**.



Gambar 3.8a Diagram bentuk fisik pengaturan posisi dengan mikrokontroler

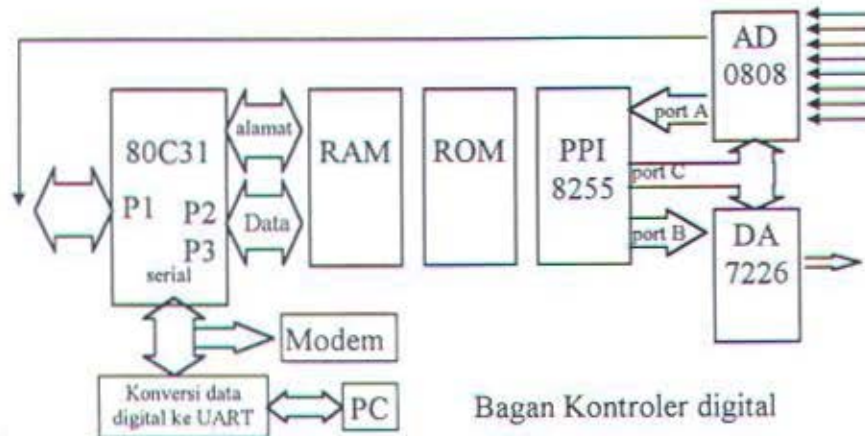


Gambar 3.8b Proses yang terjadi pada diagram bentuk fisik sistem pengaturan posisi

Tugas yang dikerjakan pada tiap blok bentuk fisik dijelaskan pada Gbr 3.8b. Mikrokontroler melakukan akuisisi data aktual dari pengaturan posisi, menghasilkan sinyal kendali dengan melakukan perhitungan numerik terhadap aksi kontrol kontroler, kemudian menginformasikan data tersebut ke pc lewat RS232.

III.4.1 MODUL CPU 8031

Modul CPU 80C31 dengan peralatan pendukung lainnya (Gbr 3.9) dibuat sedemikian hingga memungkinkan penggunaan semaksimal mungkin. Dengan sebuah ROM 27128 (kapasitas 16 Kbyte), sebuah RAM 62256 (kapasitas 32 Kbyte) menjadikan CPU ini siap digunakan untuk keperluan yang memerlukan memory yang besar mengingat kedua buah kapasitas memori yang digunakan



Gambar 3.9 Kontroler digital berbasis mikrokontroler 80C31

Pengalaman pengambilan dan pengiriman data pada PPI (*pheriperal interface*) adalah sebagai berikut :

Port A selalu berfungsi sebagai masukan dan Port B,C selalu digunakan sebagai keluaran, sehingga inisialisasi PPI 1 0 0 1 0 0 0 0 = 90H, sesuai dengan pengaturan *control word*. Bit bit dalam port c PPI digunakan untuk mengontrol ADDA.

- PC0,PC1,PC2 digunakan untuk mengalami 8 masukan analog di mana data biner tiga bit ini menunjukkan masukan yang mana dari kedelapan masukan di atas yang dipilih.
- PC4 digunakan untuk mulai konversi analog ke digital.
- PC5 digunakan untuk mulai konversi digital keanalog secara aktif *low*.
- PC6 digunakan untuk mengunci data alamat yang masuk ke ADC.

III.4.2. PENGUBAHAN DATA DIGITAL KE UART

Data serial yang keluar dari minimum system berbentuk digital mempunyai level tegangan *high* adalah 5 volt dan level *low* adalah 0 volt. Sedangkan dalam format UART level tegangan RS232 adalah -3 sampai -25 volt untuk biner 1 (*high*) dan 3 sampai 25 volt untuk biner 0 (*low*). Untuk mengkonversi level tegangan ini diperlukan IC penyesuei tegangan. IC yang digunakan adalah MC1488 dan MC1489.

III.5. DESAIN PERANGKAT LUNAK

Perancangan perangkat lunak ini terdiri dari perancangan program untuk kontroler dan perangkat lunak untuk personal komputer. Perangkat lunak pada personal komputer digunakan untuk memantau hasil pengukuran dan perhitungan aksi kontrol dari pengaturan posisi motor servo ac dan juga digunakan untuk memberikan perintah terhadap sistem pengaturan posisi yang digunakan.

Perangkat lunak pada kontroler dirancang 2 kali yaitu pertama digunakan untuk identifikasi sistem dan yang kedua digunakan untuk pengaturan posisi. Hasil dari identifikasi ini adalah berupa data masukan keluaran dari sistem yang diidentifikasi, antara lain : hubungan kecepatan terhadap tegangan masukan, besar sudut simpangan pada sensor posisi terhadap simpangan pada *synchro*, tanggapan sistem terhadap masukan PRBS. Dari data data identifikasi ini diharapkan dapat disusun suatu kontroler yang sesuai.

III.5.1. KOMPILER FRANKLIEN

Untuk menuliskan algoritma kontroler dan akuisisi data pada minimum sistem 80C31 diperlukan suatu kompiler yang menerjemahkan bahasa program tingkat tinggi kedalam format assemble yang sesuai. Penggunaan bahasa rendah biasanya sangat sulit untuk diterapkan pada perhitungan yang melibatkan bilangan float dan fungsi trigonometri. Oleh karena itu digunakan kompiler Franklien yang dapat menerjemahkan bahasa C ke dalam bahasa mesin dan kemudian diubah dalam format biner untuk dimasukkan ke EPROM dalam mikrokontroler.

III.5.2. SISTEM PENGAMBILAN DAN PENGIRIMAN DATA ANALOG

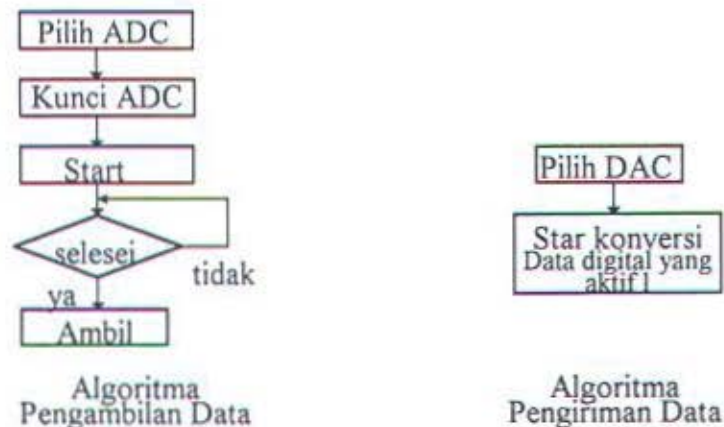
Pengukuran yang dilakukan kontroler terdiri dari 8 pengubah data analog ke data digital untuk itu pemultiplek memilih AD yang mana yang diaktifkan. Pemultiplek ini sudah ada didalam chip AD0808 sehingga pengambilan data menggunakan ADC0808 pada minimum sistem ini melalui beberapa tahapan antara lain :

- Memilih masukan dengan mengirim data alamat
- Mengunci data alamat masukan ALE (*address latch enable*)
- Pengambilan data masukan yang stabil
- Mengaktifkan pengubahan data
- Tunggu sampai selesai pengubahan data, ditandai aktifnya bit EOC (*enable output conversion*)
- Ambil data, dengan mengaktifkan bit OE (*output enable*)

Sedangkan untuk mengubah data digital kita ke dalam sinyal analog juga melalui pemultiplek namun karena pada masing-masing DA terdapat *buffer* sehingga lebih mudah dalam mengirim data digital. Tahapan pengubahan adalah sebagai berikut :

- Memilih keluaran dengan mengirim alamat keluaran
- Aktifkan pengubahan, disini sekaligus telah mengunci data digital yang diubah ke analog sampai ada perubahan data digital ke alamat ini berikutnya.
- Data digital yang diubah

Gambar 3.10 adalah flowchar dari tahapan pengambilan dan penulisan data analog .



Gambar 3.10 Flow chart pengambilan dan penulisan data analog

III.5.3. PENULISAN PROGRAM DALAM MIKRO KONTROLER

Penulisan program dalam mikro kontroler 80C31 adalah menggunakan bahasa pemrograman C yang dibentuk ke program jadi menggunakan suatu kompilerv franklien. Peralatan yang diperlukan dalam pembuatan program untuk dimasukan dalam mikrokontroler 80C31 adalah *EPROM emulator*, kompilerv

bahasa pemrograman Turbo C ke dalam file hexa untuk mikrokontroler dan komputer.

Sebelum dimasukkan ke dalam ROM mikrokontroler program dituliskan dalam bahasa C seperti di bawah.

Kemudian program tersebut dikompiler dengan c51.exe menjadi file .lst. Di sini program C akan berubah dalam *object file*.

Ketik

c51 nama file .

contoh program berikut kompilasinya adalah sebagai berikut.

C51 COMPILER V3.20, SN-50203013 L

01/24/94 10:58:31 PAGE 1

DOS C51 COMPILER V3.20, COMPILATION OF MODULE L

OBJECT MODULE PLACED IN L.OBJ

COMPILER INVOKED BY: D:\COMPILER\51\C51.EXE L.C

Setelah dikompilasi menjadi *file .obj* kemudian dilink dengan obj-obj lain. yaitu misalnya kita punya prosedur lain atau fungsi fungsi matematik seperti trigonometri dan lain lain.

Ketik

l51 l.obj, getkey.obj ramsize(256)

menghasilkan file.m51

Kemudian dilakukan pengubahan ke hexa desimal.

Dan terakhir adalah pengubahan ke dalam biner.

III.6 PENYUSUNAN KONTROLER DIGITAL

Kontroler yang digunakan adalah PID dengan parameter yang ditentukan dari data indentifikasi sistem. Setelah diperoleh model sistem dari identifikasi kemudian dilakukan perhitungan terhadap parameter kontroler yang cocok sesuai dengan performansi yang diinginkan.

Beberapa pengujian sistem pengaturan posisi motor servo terhadap pembebanan tertentu dilakukan guna mendapatkan data data parameter sistem. Perumusan kontroler PID dan perhitungannya dibahas pada lampiran 3 (rumusan).

BAB IV

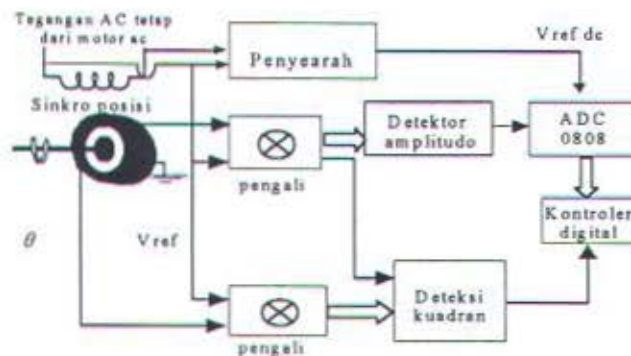
IMPLEMENTASI DAN ANALISA

IV.1 UMUM

Perencanaan suatu sistem dimulai dengan merumuskan tujuan serta fungsi sistem yang akan direncanakan, kemudian menetapkan diskripsi serta karakteristik-karakteristik penting dari sistem. Sistem pengaturan posisi motor servo ac terbentuk dari beberapa subsistem yang kecil. Bentuk subsistem serta kombinasi karakteristiknya menentukan karakteristik sistem secara keseluruhan.

IV.1 SYNCHRO DIGITAL

Pengambilan nilai sudut simpangan dengan pendeteksi *synchro* digital melalui beberapa tahapan seperti terlihat pada diagram **Gbr 4.1**.



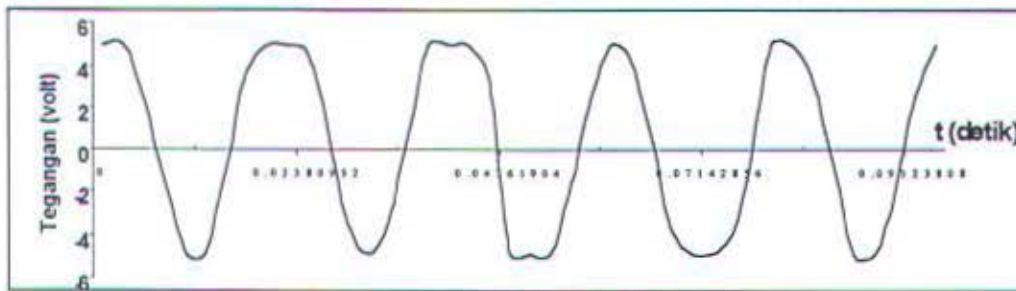
Gambar 4.1 Blok pendeteksi posisi dengan *synchro*

Sinyal dari *synchro* berupa tegangan sinus (lihat persamaan 2.9) adalah :

$$V_{s2s3} = V_{s2n} - V_{s3n} = \sqrt{3}KV_r \sin(\theta + 120^\circ) \sin \omega_c t \quad 4.1$$

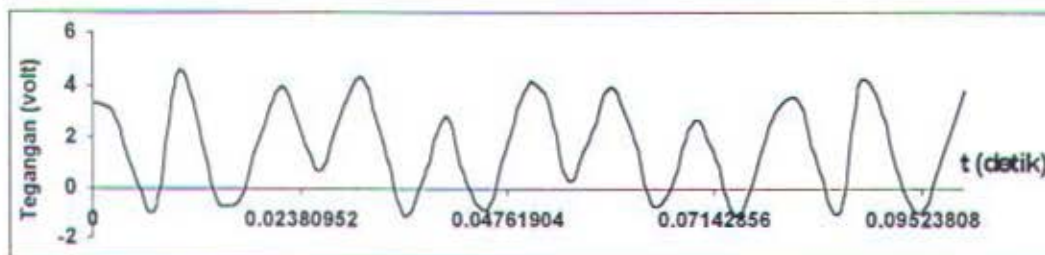
$$V_{s3s1} = V_{s3n} - V_{s1n} = \sqrt{3}KV_r \sin \theta \sin \omega_c t \quad 4.2$$

Dari pengukuran yang dilakukan pada V_{31} didapatkan hasil seperti **Gbr 4.2**. Dari penyamplingan sebanyak 50 kali terdapat 6 gelombang ac 50 Hz, hal ini berarti perioda penyamplingan dapat dihitung. $T = 6 \times 0,02 \text{ detik} / 50 = 0,0024 \text{ detik}$.



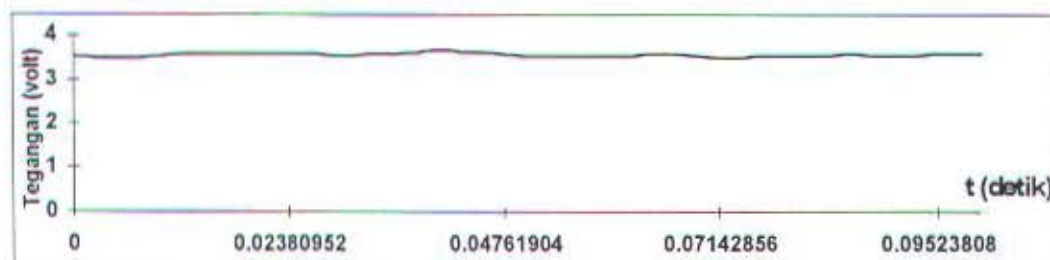
Gambar 4.2 Sinyal salah satu stator *synchro transmitter*

Informasi simpangan terkandung dalam ampiltudo sinyal tersebut, lihat **Gbr 4.3**. Setelah dikalikan dengan sinyal referensi maka dapat ditentukan nilai ampiltudo sinyal itu positif atau negatif. Jika positif maka simpangan berada di kuadran 1 atau kuadran 2 dan jika negatif simpangan berada di kuadran 3 atau kuadran 4.



Gambar 4.3 Sinyal dari *synchro* yang telah dikalikan dengan sinyal referensi

Kemudian sinyal ini dirubah dalam dc(**Gbr 4.4**) menggunakan *rms to dc converter*.

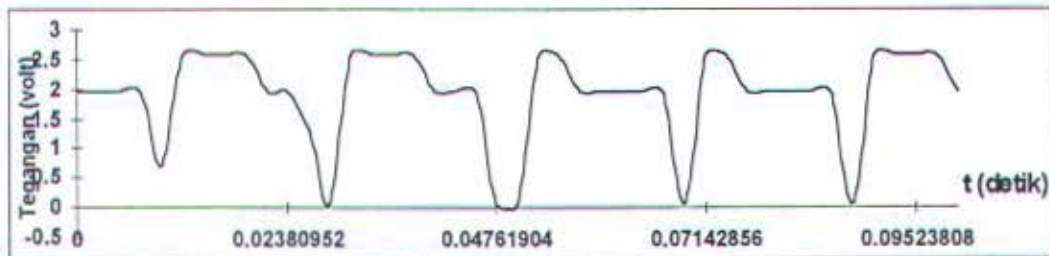


Gambar 4.4 Sinyal DC dari sinyal *synchro* yang telah dikali dengan sinyal referensi

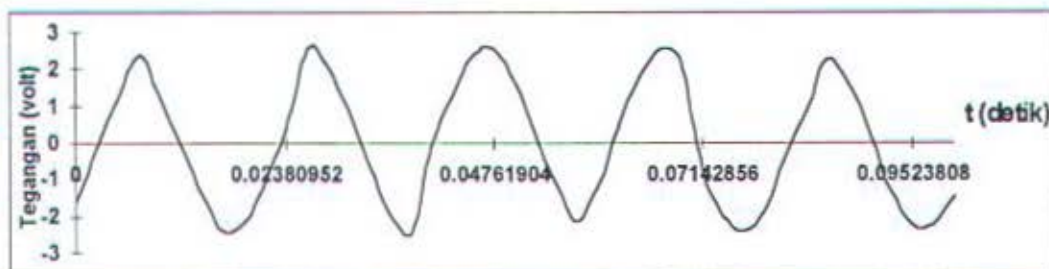
Besaran sinyal dc yang bervariasi itu selain disebabkan oleh penggunaan pengubah rms ke dc, juga oleh karena tegangan referensi yang diberikan bukan merupakan sinus ideal. Untuk memperbaiki pendeteksi sudut simpangan perlu ditambahkan suatu filter digital atau menggunakan algoritma regresi.

IV.3 PEMBANGKITAN SINYAL KENDALI

Sinyal kendali motor servo ac berupa tegangan ac dengan fase bergeser 90 derajat terhadap sinyal referensi dengan amplitudo yang dikendalikan. Informasi amplitudo dapat dalam praktik terlihat seperti **Gbr 4.5**. Jadi sinyal kendali ini berupa sinyal ac bermodulasi amplitudo, lihat **Gbr 4.6**.



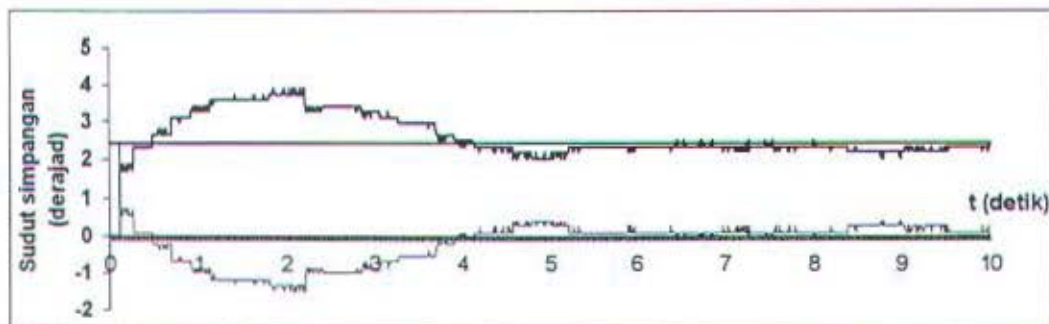
Gambar 4.5 Sinyal keluaran DAC



Gambar 4.6 Sinyal kendali ac

IV.4 MODEL MATEMATIK

Karakteristik beberapa sistem dinamik terbentuk dalam persamaan diferensial. Langkah pertama dalam analisis suatu sistem dinamik adalah menurunkan modelnya. Dalam mencari suatu model, harus dikompromikan antara penyederhanaan model dan ketelitian hasil analisis. Karena tegangan kendali berupa ac bermodulasi sehingga sulit untuk mengamati sinyalnya, maka pengamatan dilakukan pada tegangan kendali dc tersebut. Dengan melakukan percobaan didapatkan data untuk pengaturan posisi servo dengan input unit step sebagai Gbr 4.7.



Keterangan : Grafik yang atas adalah posisi aktual
 Grafik bawah sinyal eror
 Posisi referensi adalah 2.4

Gambar 4.7 Grafik input output pengaturan posisi servo dengan gain tertentu

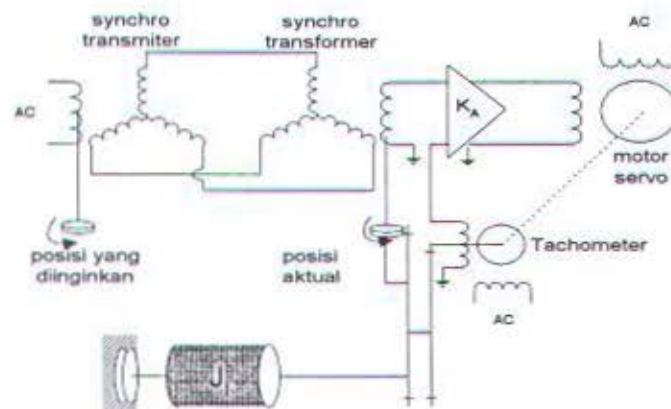
Dalam bab 2 telah dijelaskan bahwa fungsi alih dari motor secara matematis dapat diturunkan menjadi persamaan (4.3) :

$$\frac{\theta_0(s)}{V_a(s)} = \frac{K_c}{J S^2 + (f + K_n) S} = \frac{K_m}{S(\tau_m S + 1)} \quad 4.3$$

Dengan mengamati grafik keluaran di atas dapat disimpulkan bahwa sistem dapat didekati oleh orde dua, sehingga identifikasi sistem yang akan dibuat adalah orde dua.

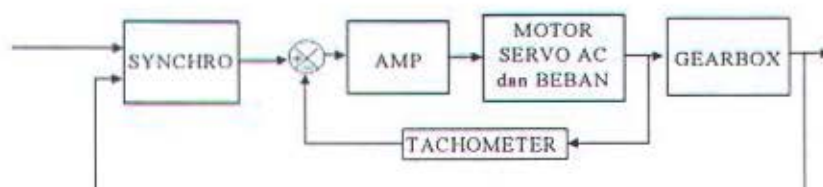
IV.5 PERBANDINGAN SISTEM PENGATURAN POSISI DENGAN SYNCHRO ANALOG DAN SYNCHRO DIGITAL

Perhatikan sistem yang ditunjukkan **Gbr 4.8**, posisi dari beban mekanik (keluaran) dikendalikan sesuai dengan posisi sumbu batang referensi (masukan). Sistem ini menggunakan komponen ac dan semua sinyal selain masukan dan keluaran batang sumbu posisi adalah sinyal *suppressed carrier modulation*. Sistem seperti ini dikenal sebagai sistem *carrier control*.



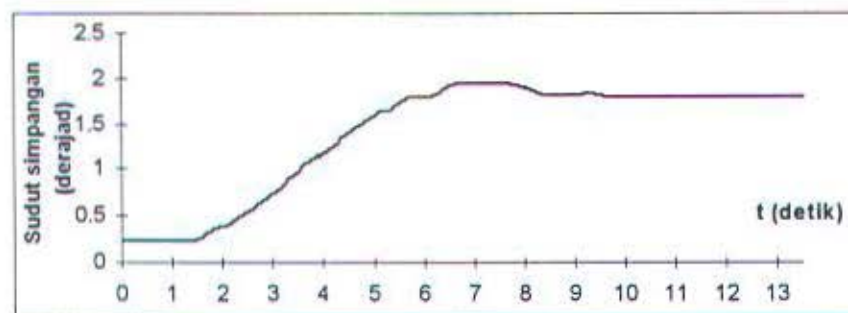
Gambar 4.8 Sistem pengaturan posisi motor servo ac

Blok diagram pengaturan dari sistem tersebut adalah sebagaimana **Gbr 4.9**.

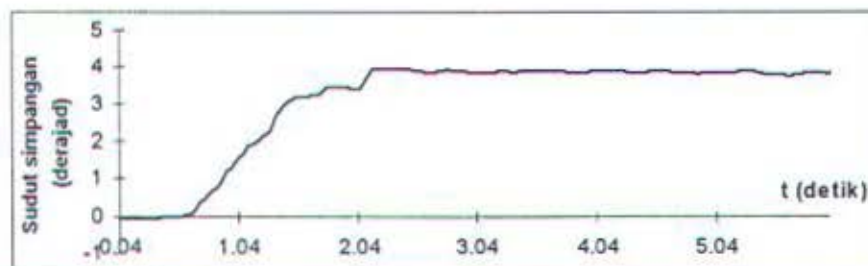


Gambar 4.9 Diagram blok pengaturan posisi dengan *synchro* pada motor servo AC

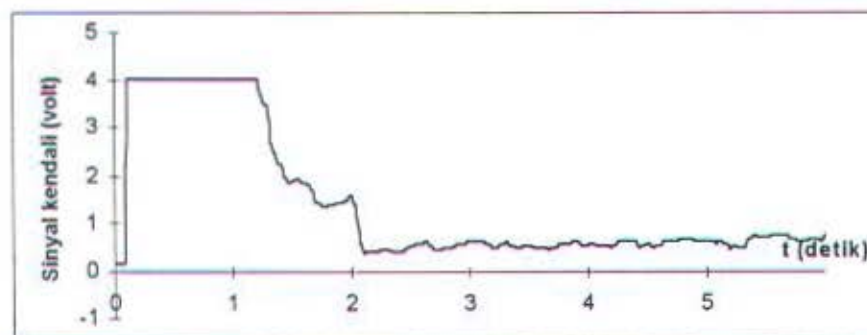
Dengan menambahkan sensor posisi tahanan geser pada pengaturan posisi dengan *synchro* analog kita dapatkan respon posisi sebagaimana **Gbr 4.10**. Dengan memberikan posisi referensi unit step didapatkan perbandingan respon posisi antara penggunaan *synchro* analog dan dengan menggunakan *synchro* digital PI dengan $K_p=2$ dan $T_i = 0.02$. Respon dengan *synchro* digital ditunjukkan pada **Gbr 4.11**.



Gambar 4.10 Respon posisi dengan *synchro* analog



Gambar 4.11 Respon dengan *Synchro* digital



Gambar 4.12 Aksi kontroler PI